



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

Συστήματα Αυτοματισμού

Μεταπτυχιακή εργασία

Λυσίκατου Παναγιώτη

Διπλωματούχου Μηχανικού Παραγωγής και Διοίκησης
Πολυτεχνείου Κρήτης

Μεθοδικός σχεδιασμός προϊόντων.

Επιβλέπων: Δρ.-Μηχ. Δ. Κουλοχέρης

Αθήνα 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια επιτυχημένη ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου προϊόντος απαιτεί μια επαρκή κατανόηση της συμπεριφοράς του προϊόντος και της διαδικασίας. Ένας τρόπος για την επίτευξη αυτής της κατανόησης είναι η χρήση μιας σειράς από αξιόπιστα πληροφοριακά μοντέλα για σχεδιασμό, βελτιστοποίηση και έλεγχο κάθε μονάδας της ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου προϊόντος. Αυτά τα μοντέλα αναλύονται σε αυτή την διπλωματική διατριβή.

Το κεφάλαιο 1 αναφέρεται στην μοντελοποίηση των πληροφοριών. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της μοντελοποίησης χρησιμοποιούνται τρεις τύποι μοντέλων: α) Το πρωτότυπο μοντέλο, β) το φυσικό μοντέλο και γ) το αναλυτικό μοντέλο.

Το κεφάλαιο 2 αναφέρεται στη μεθοδολογία μοντελοποίησης. Η αναλυτική μοντελοποίηση παρέχει μια καλύτερη εναλλακτική μοντελοποίηση. Καινούρια εργαλεία είναι πλέον διαθέσιμα, αποδίδουν ακριβή μοντελοποίηση και επιτρέπουν στους μηχανικούς να υπολογίζουν εναλλακτικά σχέδια.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές της πληροφοριακής μοντελοποίησης. Η μοντελοποίηση προσεγγίζεται από τέσσερις βαθμίδες: α) Τη Μαθηματική Θεμελίωση, β) τα Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης, γ) τη Κοινή Πρώτυπη Διαδικασία και δ) τις Φόρμες Κοινής Απεικόνισης.

Στο κεφάλαιο 4 μελετώνται οι κατηγορίες μοντέλων της διαδικασίας του CE. Οι πέντε κατηγορίες μοντέλων είναι οι εξής: α) Το επιχειρηματικό μοντέλο, β) το μοντέλο προδιαγραφής, γ) το μοντέλο προϊόντος, δ) το μοντέλο διαδικασίας και ε) το νοητικό μοντέλο.

Το κεφάλαιο 5 αναφέρεται στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μοντελοποίησης της πληροφορίας.

Τέλος, στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής ενός αναλυτικού μοντέλου ολοκληρωμένου προϊόντος. Πραγματοποιείται παρουσίαση σχεδιασμού ενός μαρκαδόρου υπογράμμισης STABILO και ανάλυση των βημάτων σχεδίασης.

ABSTRACT

A successful integrated product development (IPD) requires a sufficient understanding of the product and process behavior. One way to achieve this understanding is to use a series of reliable information models for planning, designing, optimizing and controlling each unit of the IPD process. These models are analyzed in this thesis.

Chapter 1 refers to the information modeling. During this modeling process, three types of schemes are employed: a) Physical model, b) conceptual model and c) analytical model.

Chapter 2 refers the modeling methodology. Analytical modeling provides a better modeling alternative. New tools are available, perform accurate modeling and allow engineers to evaluate alternate designs.

Chapter 3 discusses the foundation of information modeling. Modeling has a four – tier approach: a) Mathematical foundation, b) uniform modeling schemes, c) common process templates and d) common representation forms.

Chapter 4 presents the concurrent engineer process invariant. There are five model – classes: a) Enterprise model – class, b) specification model – class, c) product model – class, d) process model – class and e) cognitive model – class.

Chapter 5 presents the merits and demerits of the information modeling.

Finally, in chapter 6 is presented an example of an analytical model of an integrated product development. In this example is realized a marker STABILO and it analyses the steps of the design process.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος του γενικότερου ενδιαφέροντος για τις σύγχρονες μεθόδους παραγωγής που αποσκοπούν στη βελτίωση της ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας μέσω της βελτίωσης της διαδικασίας σχεδιασμού του. Διεξάγεται μελέτη της μεθόδου η οποία διεθνώς έχει επικρατήσει με τον όρο *concurrent engineering* (ταυτόχρονη μηχανική) και πιο συγκεκριμένα της μεθοδολογίας της μοντελοποίησης της πληροφορίας που υπάγεται στην ταυτόχρονη μηχανική. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόζεται από την ηλεκτρονική βιομηχανία, την αυτοκινητοβιομηχανία, την αεροδιαστημική βιομηχανία των Η.Π.Α., τον Αμερικάνικο Σιδηρόδρομο και τη NASA. Αφού πραγματοποιείται μια εκτενής αναφορά στην ανωτέρω μεθοδολογία, εφαρμόζεται ένα παράδειγμα ενός αναλυτικού μοντέλου ολοκληρωμένου προϊόντος.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	10
1.1 Πρωτότυπο Μοντέλο.....	12
1.2 Θεωρητικό Μοντέλο.....	12
1.2.1 Μορφές Απεικόνισης.....	13
1.3 Αναλυτικό Μοντέλο.....	22
1.3.1 Πρωτόγονες Φόρμες Απεικόνισης.....	22
1.3.2 Συστήματα 3-D CAD.....	30
1.3.3 Εικονικά Αναλυτικά Μοντέλα.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	33
3.1 Μαθηματική Θεμελίωση.....	38
3.2 Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης.....	38
3.2.1 Τρισδιάστατη Προβολή Ακμών (3D Wireframe).....	42
3.2.2 Κατασκευαστική Στερεή Γεωμετρία (CSG).....	42
3.2.3 Αναπαράσταση Ορίων (B-ger) Στερεού.....	43
3.2.4 Τρισδιάστατα Συστήματα.....	45
3.2.5 Φωτοαπόδοση και Επιστημονική Απεικόνιση.....	45
3.2.6 Διαδραστική Φωτορεαλιστική Απόδοση.....	46
3.3 Πρότυπο Κοινής Διαδικασίας.....	46
3.4 Φόρμες Κοινής Απεικόνισης.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΟΥ CE	50
4.1 Επιχειρηματικό Μοντέλο.....	55
4.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης Επιχείρησης.....	56
4.1.1.1 Υποκατάστατα Δεδομένα ως Βάση για την Μοντελοποίηση της Επιχείρησης.....	57
4.2 Μοντέλο Προδιαγραφής.....	58
4.3 Μοντέλο Προϊόντος.....	59
4.4 Μοντέλο Διαδικασίας.....	61
4.4.1 Group Technology.....	62
4.4.1.1 GT Οφέλη για τους Κατασκευαστές.....	64
4.4.2 Διαδικασία Σχεδιασμού με την Βοήθεια Υπολογιστή.....	65

4.4.3 Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Μέσω Υπολογιστή.....	67
4.4.3.1 NC Μοντέλα Μηχανικής Επεξεργασίας.....	67
4.5 Νοητικά Μοντέλα.....	69
4.5.1 Μοντελοποίηση Συμπεριφοράς Συνεργασίας.....	74
4.5.2 Εικονική Νοημοσύνη.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΝΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ – ΜΑΡΚΑΔΟΡΟΣ ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΣΗΣ.....	79
6.1 Βασικά Χαρακτηριστικά του Pro engineer Wildfire 4.0.....	81
6.2 Διαδικασία Σχεδίασης.....	82
6.3 Κοπή στην Κάτω Βάση του Κορμού.....	84
6.4 Κοπή στο Εσωτερικό του Κορμού.....	87
6.5 Σχεδίαση της Επιφάνειας που Ξεκινά ο Λαιμός.....	89
6.6 Σχεδίαση Λαιμού.....	91
6.7 Σχεδίαση Ομόκεντρων Κύκλων που Κρατούν τη Μύτη του Μαρκαδόρου..	94
6.8 Σχεδιασμός της Μύτης του Μαρκαδόρου.....	96
6.9 Σχεδίαση Καπακιού.....	102
6.10 Κοπή του Υλικού στο Εσωτερικό του Καπακιού.....	104
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	108

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαδικασία ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου προϊόντος (IPD, integrated product development), όπως απεικονίζεται από την έννοια της ταυτόχρονης μηχανικής (concurrent engineering), αποτελεί την βάση για την πραγματοποίηση του προϊόντος: Είναι η βασική λειτουργική αρχή μιας βιομηχανικής οντότητας, η οποία σχεδιάζει και αναπτύσσει τα προϊόντα και τις υπηρεσίες της. Αυτή η βάση περιλαμβάνει στις λειτουργίες της πολλούς τρόπους διαχείρισης και τεχνικές μεθόδους, καθώς και έμμεσες διασυνδέσεις που σχετίζονται με όλες τις άλλες λειτουργίες μέσα σε μια επιχείρηση. Εμμέσως, περιλαμβάνει όλη, ή ένα ενδεικτικό μερίδιο της διαχείρισης, των διοικητικών, συμβαλλόμενων, κοστολογημένων και εκτιμώμενων λειτουργιών μιας εταιρίας, η οποία σχετίζεται με το σχεδιασμό και το μάρκετινγκ ενός προϊόντος. Στον τομέα της ανάπτυξης, η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου προϊόντος (IPD), περιλαμβάνει το σχέδιο, την ανάλυση, την αξιολόγηση, τον σχεδιασμό, την υποστήριξη του προϊόντος, τον έλεγχο ποιότητας, τα δεδομένα και τις ρυθμίσεις διαχείρισης και τις λειτουργίες προμήθειας μέσα στην εταιρία. Οι δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσει κάποιος που αναπτύσσει προϊόντα ή υπηρεσίες είναι ότι δεν μπορεί να ελέγξει το τι θέλει ο πελάτης σε ένα προϊόν ή υπηρεσία αντίστοιχα. Οι κατασκευαστές συχνά δεν γνωρίζουν πώς οι καταναλωτές βλέπουν το προϊόν ή τις υπηρεσίες τους και ποια αξία θα ήθελαν να προσθέσουν επιπλέον στο προϊόν. Είναι το κόστος ένας σημαντικός παράγοντας; Επίσης, είναι ο χρόνος ένας παράγοντας προς εξέταση; Το επίπεδο ικανοποίησης του καταναλωτή οδηγεί στην απόφαση του να αγοράσει ή όχι το προϊόν. Μια επιτυχημένη λειτουργία διαδικασίας ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου προϊόντος χρειάζεται μια επαρκή κατανόηση των διαδικασιών της. Ένας τρόπος για την επίτευξη αυτής της κατανόησης είναι η κατασκευή μιας σειράς αξιόπιστων διαδικασιών ή μοντέλων για τον σχεδιασμό, το σχέδιο, την βελτιστοποίηση και τον έλεγχο της κάθε μονάδας της IPD διαδικασίας. Για την κατασκευή μοντέλων χρειάζεται η μελέτη και η ένταξη μιας αχανής συνολικής ποσότητας διαφορετικών και πολύπλοκων πληροφοριών. Μια τέτοια μελέτη δεν περιλαμβάνει μόνο πληροφορίες που σχετίζονται με τις απαιτήσεις του προϊόντος, τους περιορισμούς, τη μορφή χαρακτηριστικών, τη λειτουργία, την κατασκευή, το μάρκετινγκ και την υπηρεσία, αλλά και με τις οργανωτικές και διοικητικές διαδικασίες που αφορούν την επιχείρηση. Επίσης, γίνεται αναφορά στην βιομηχανοποίηση/κατασκευή ή παραγωγή της μεθόδου/εξοπλισμού, που αποτελεί την βάση της διαδικασίας υλοποίησης του προϊόντος και την ανθρώπινη ψυχολογία και τις νοητικές πτυχές που θα το κάνουν πραγματοποιήσιμο.

Ένα μοντέλο είναι μία απεικόνιση ορισμένων σημαντικών χαρακτηριστικών ενός υποκείμενου συστήματος. Το υποκείμενο σύστημα μπορεί να είναι φυσικό (όπως ένα μέρος/κομμάτι), θεωρητικό (μία άποψη ή ένα θεωρητικό σκίτσο), ή αναλυτικό (μία εξίσωση). Ο αυθεντικός προσδιορισμός της έννοιας μοντέλο παρατίθεται από τον Muirghy [1950, σελίδα 50]: «Ένα μοντέλο είναι μία έννοια που σχετίζεται τόσο με ένα φυσικό σύστημα, ώστε οι παρατηρήσεις του μπορούν χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν με ακρίβεια την απόδοση του φυσικού συστήματος σε επιθυμητή εκτίμηση.» Αυτή η έννοια του μοντέλου χρησιμοποιείται περισσότερο σε ένα υποκείμενο σύστημα που υπάρχει φυσικά. Το φυσικό σύστημα, για το οποίο οι προβλέψεις πρόκειται να γίνουν, συνήθως ονομάζεται πρωτότυπο. Το θεωρητικό μοντέλο είναι ένα σχέδιο ή μια μέθοδος, που περιγράφει περίπου την συμπεριφορά του συστήματος σε τουλάχιστον ένα συγκεκριμένο τομέα. Το αναλυτικό μοντέλο προβλέπει αυτές τις συμπεριφορές με μαθηματικές έννοιες.

Ο σκοπός της μοντελοποίησης είναι να προσομοιώνονται οι διάφορες επιλογές με στόχο να παίρνουμε πληροφορημένες αποφάσεις νωρίς κατά την διαδικασία. Οι πληροφορημένες αποφάσεις (τι συμβαίνει στην πράξη) οδηγούν μακριά. Τα μοντέλα δρουν όπως οι οδικοί χάρτες, δηλαδή προβλέπουν και προσομοιώνουν τι μπορεί να συμβεί έπειτα, δίνοντας τη γνώση στο τι έχει ήδη γίνει. Επίσης, βοηθάει στη συσχέτιση της μίας φάσης με την άλλη και στην καθοδήγηση της ομάδας του CE σε μια συνεπή πορεία σχεδιασμού και ανάπτυξης του προϊόντος.

Όμως για να αποκομισθούν τα παραπάνω οφέλη της μοντελοποίησης πρέπει να εφαρμοσθούν κάποια βήματα τα οποία παρατίθενται στην εργασία και ξεκινούν από το κεφάλαιο 1 που μελετά την παραγωγή μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά είναι το πρωτότυπο, θεωρητικό και αναλυτικό. Κάθε μοντέλο απεικονίζεται σε διαφορετική μορφή. Στη συνέχεια, κατά τη μεθοδολογία της μοντελοποίησης, που μελετάται στο κεφάλαιο 2, εφαρμόζονται μέθοδοι που μπορούν να διορθώσουν εύκολα τα μειονεκτήματα και πιθανά λάθη. Αυτό συμβαίνει διότι καινούρια εργαλεία είναι πλέον διαθέσιμα για την απόκτηση του σχεδίου ενός προϊόντος με αποτέλεσμα να αποδίδουν ακριβή μοντελοποίηση και να μειώνουν δραματικά τον χρόνο σχεδίασης. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται αναφορά για το πώς μπορεί να παρατηρηθεί ένα πρόβλημα μοντελοποίησης, δηλαδή η δημιουργία μιας θεωρητικής όψης. Αυτή η θεωρητική όψη, στη συνέχεια, αποκτά μια δομή η οποία αποτελείται από τέσσερις βαθμίδες: Τη Μαθηματική θεμελίωση, τα Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης, την Κοινή Πρότυπη Διαδικασία και τις Φόρμες Κοινής Απεικόνισης. Έπειτα, στο κεφάλαιο 4 γίνεται μια εκτενής μελέτη στις πέντε κατηγορίες μοντέλων: Το επιχειρηματικό μοντέλο, το μοντέλο προδιαγραφής, το μοντέλο προϊόντος, το μοντέλο διαδικασίας και το νοητικό μοντέλο. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται αναφορά στα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της

μοντελοποίησης της πληροφορίας. Τέλος, στο κεφάλαιο 6 εφαρμόζεται ένα παράδειγμα ενός αναλυτικού μοντέλου ολοκληρωμένου προϊόντος. Στην ανάλυση παραδείγματος εφαρμόζονται τα Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης και πιο συγκεκριμένα ένα τρισδιάστατο σύστημα CAD (Pro Engineer) πάνω σε ένα μοντέλο διαδικασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

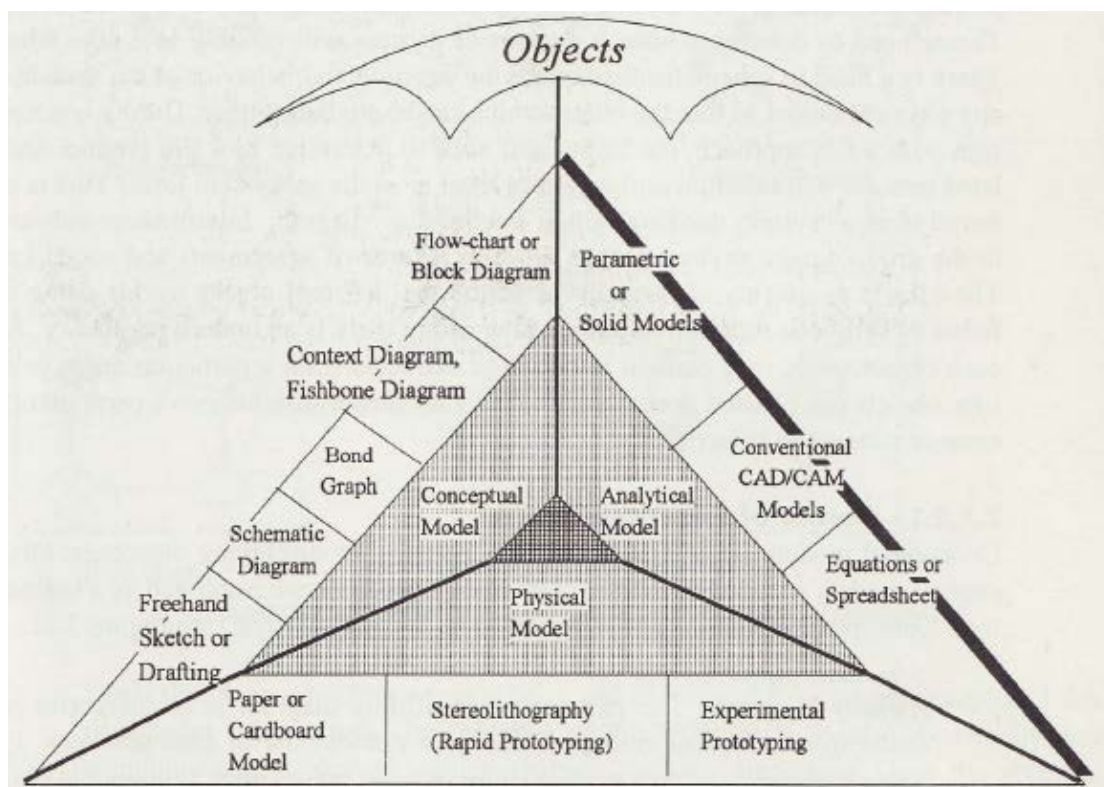
Τα περισσότερα προϊόντα έχουν ωφέλιμη ζωή μερικών ετών κατά τη διάρκεια της οποίας πρέπει να συντηρηθούν και να υποστηριχθούν. Μόνο ο κύκλος ανάπτυξης του προϊόντος παίρνει μερικά χρόνια από την επινοήση του μέχρι την διάθεση του στην αγορά. Κατά την περίοδο αυτή, το προϊόν διασχίζει έναν αριθμό φάσεων, που κάθε μία περιλαμβάνει έναν αριθμό διαδικασιών, μετατροπών δεδομένων, διαμορφώσεων χαρακτηριστικών, βρόγχων (loops) υλοποίησης του προϊόντος, κλπ. Επιπλέον, ένα πολυάριθμο σύνολο ικανοτήτων, τρόπων διαχείρισης (πολιτική της εταιρίας), πρακτικών, διαδικασιών (3Ps=policies, practices, procedures) και φιλοσοφιών διαχείρισης που καλούνται, εξαρτώνται από την πολυπλοκότητα και το επίπεδο των οργανωτικών αναγκών. Για παράδειγμα, η φάση του θεωρητικού σχεδίου εξαρτάται από την εμπειρία, την άμεση αντίληψη, τον θεωρητικό συλλογισμό, και την εκμεταλλεύσιμη δύναμη του σχεδιαστή που θα τον κάνει να συμφωνήσει στα γεωμετρικά υποκείμενα. Μια άλλη προϋπόθεση που επιβάλλεται από το προϊόν και την πολυπλοκότητα της διαδικασίας είναι ο όγκος των πληροφοριών που μπορεί να μελετηθεί με σαφήνεια.

Η ομάδα σχεδίου συλλαμβάνει μία ιδέα, η οποία είναι ένα μέρος, μία συναρμολόγηση, μία διαδικασία, μία μέθοδος, ή ένα σύστημα. Μπορεί να υπάρξει παραπάνω από μια κατηγορία μοντέλων, που εξαρτάται από τις προδιαγραφές των αντικειμένων και από τις πτυχές που μελετώνται. Κάθε κατηγορία μοντέλου περιγράφει τα αντικείμενα από την άποψη των χαρακτηριστικών (γραφικών ή μη γραφικών), ιδιοτήτων (συμβολικών και μη συμβολικών) και άλλων τεχνικών και μη τεχνικών πληροφοριών τους. Αυτές οι κατηγορίες των μοντέλων χρησιμεύουν σαν μια βάση για να διερευνηθεί η συμπεριφορά του προϊόντος ή η αναζήτηση των σχέσεων μεταξύ των συστατικών του. Μια τέτοια παραδοσιακή μορφή απεικόνισης είναι το «θεωρητικό (ή φανταστικό) αντικείμενο». Τέτοια αντικείμενα μπορεί να απεικονιστούν στο χαρτί σε μορφή μηχανολογικού γραφήματος (σχήμα, σκίτσο, εικόνα και ισομετρήσεις), ή ηλεκτρονικά μέσω ενός λογισμικού CAD. Τέτοιες ενδιάμεσες απεικονίσεις που γεννιούνται κατά τη διάρκεια της φάσης του σχεδίου, χρησιμεύουν αποκλειστικά και μόνο σαν έννοιες επικοινωνίας για την ενίσχυση της

μνήμης και της επεξεργασίας. Εντούτοις, αυτές οι μορφές της απεικόνισης δεν εγγυώνται ότι το αντικείμενο που απεικονίζεται είναι φυσικά υλοποιήσιμο. Υπάρχουν πολλοί τρόποι κατά τους οποίους οι πληροφορίες μπορούν να απεικονιστούν ή να αξιοποιηθούν στα μοντέλα. Κάποια σχήματα παρέχουν περισσότερη ευελιξία και είναι περισσότερο αποδοτικά από άλλα. Προ αρχαιοτάτων χρόνων, η μοντελοποίηση σε μια μορφή ή άλλη έχει χρησιμοποιηθεί για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη κτηρίων, μηχανών, εργαλείων και άλλων βιομηχανικών αντικειμένων. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας της μοντελοποίησης, τρεις τύποι μοντέλων συχνά χρησιμοποιούνται:

1. Πρωτότυπο μοντέλο
2. Θεωρητικό μοντέλο
3. Αναλυτικό μοντέλο

Οι διάφορες μέθοδοι των απεικονιζόμενων αντικειμένων καταγράφονται στο Σχήμα 1. Χαρακτηρίζοντας και τυποποιώντας αυτά τα σχήματα συντελείται ένα σημαντικό βήμα για την ασφάλεια της ομαλής επικοινωνίας ανάμεσα στα διαφορετικά στάδια της διαδικασίας του ταυτόχρονου (concurrent) σχεδίου. Καλά μοντέλα εγγενώς βοηθούνται στο να απεικονίσουν ένα φυσικά υλοποιήσιμο αντικείμενο.



Σχήμα 1: Διάφορες μέθοδοι απεικόνισης αντικειμένων (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

1.1 Πρωτότυπο Μοντέλο

Στα πρώτα χρόνια, χρησιμοποιούνταν εκτενώς μοντέλα από χαρτί ή χαρτόνι. Αργότερα, καθώς η τεχνολογία αναπτυσσόταν, γινόταν ευκολότερο στο να αναπτυχθούν υλικά πρωτότυπα, φτιαγμένα από μία ποικιλία πηγών, όπως ο πυλός, το ξύλο, το φελιζόλ, ακόμα και τα μέταλλα. Ο κόσμος της βιομηχανίας προτιμούσε περισσότερο τα φυσικά πρωτότυπα, από τότε που το σχέδιο μελετόνταν περισσότερο ως τέχνη παρά σαν επιστήμη. Τέτοια πρωτότυπα υλικά παίρνουν τη μορφή είτε πειραματικών πρωτοτύπων, είτε των γρήγορων πρωτότυπων συστημάτων που καλούνται στερεολιθογραφία. Παρόλα αυτά, με τον ερχομό της γνώσης βασιζόμενης στα εργαλεία του υπολογιστή και στις γνωστικές μεθόδους που συλλαμβάνει η ανθρώπινη νοημοσύνη, τα πρωτότυπα υλικά έχουν τώρα αντικατασταθεί με λογισμικά πρωτότυπα.

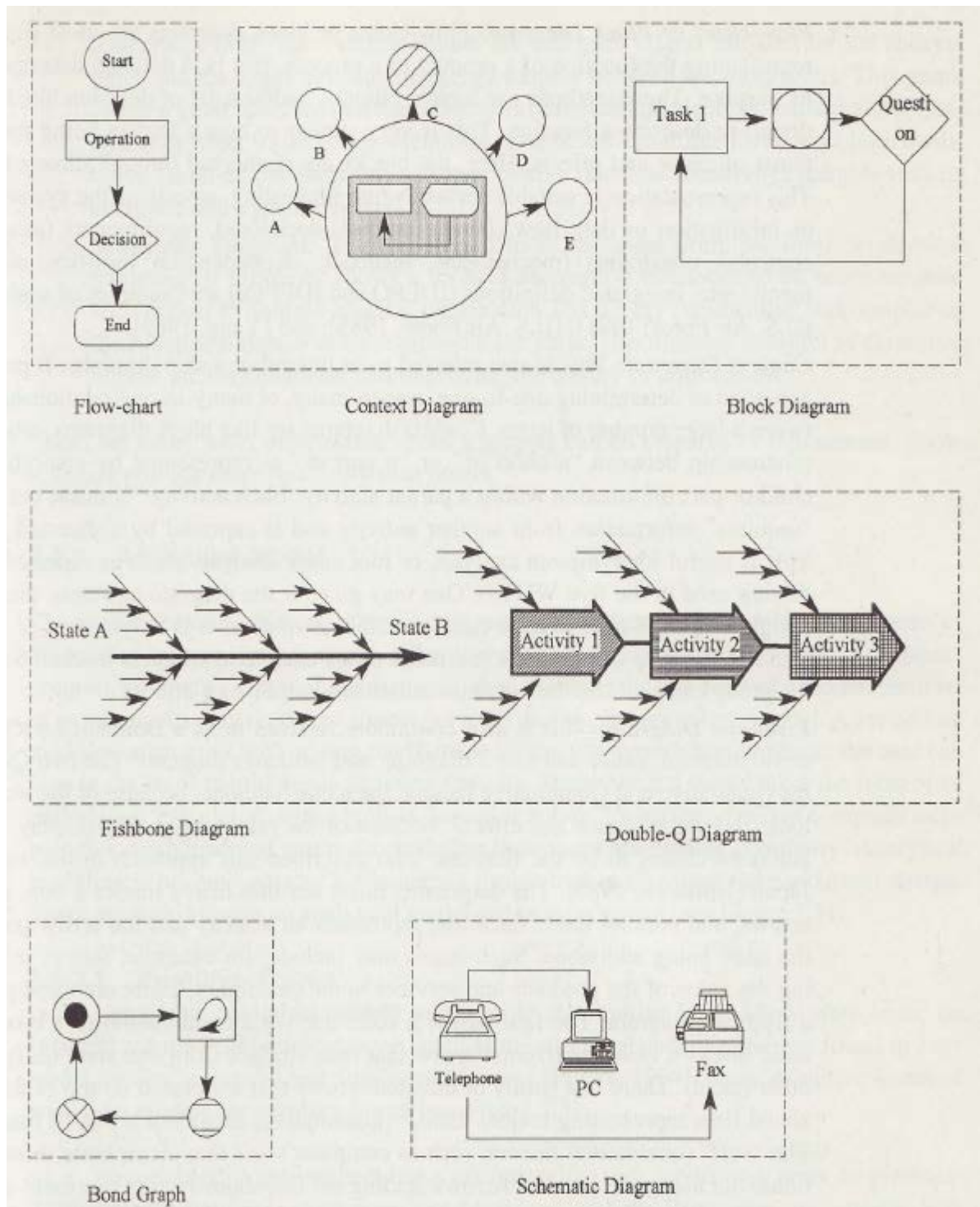
1.2 Θεωρητικό Μοντέλο

Μια πρωτόγονη μορφή προσέγγισης παραδοσιακού σχεδίου είναι το σκίτσο με ελεύθερο σχέδιο με γλωσσική περιγραφή ώστε να βοηθήσει στην επεξήγηση. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι στοιχειώδης, αλλά εξυπηρετεί έναν ζωτικής σημασίας σκοπό – απεικονίζοντας μια θεωρητική εικόνα ενός αντικείμενου από κάποιον με μια συγκεκριμένη άποψη. Ο προσχεδιασμός ενός διαγράμματος αποτελεί μια πιο επισημοποιημένη μορφή σκίτσου με ελεύθερο σχέδιο, όπου προσχεδιασμένα όργανα χρησιμοποιούνται για να επιτευχθεί το σχέδιο στο χαρτί. Τέτοια διαγράμματα ονομάζονται θεωρητικά μοντέλα (Σχήμα 1). Τα θεωρητικά μοντέλα είναι πιο διαδεδομένα κατά τη διάρκεια μιας παραδοσιακής διαδικασίας, συγκεκριμένα όταν συμφωνεί με την μορφή του θεωρητικού σχεδίου της υλοποίησης του προϊόντος. Οι ομάδες πρέπει να καθορίσουν ποιο προϊόν ή διαδικασία θα μοιάζει κατά προσέγγιση όταν γίνει. Είναι αναγκαίο να γίνει σχηματικά αντιληπτή η λειτουργία και η συμπεριφορά του συστήματος χωρίς κάποιο φυσικό μοντέλο, ώστε οι σχέσεις να μπορούν να μελετηθούν περαιτέρω. Κατά τη διάρκεια του θεωρητικού σχεδίου με την προσέγγιση του CE, οι ομάδες χρειάζονται να προσδιορίσουν επιπλέον, πώς το προϊόν και η σχετιζόμενη διαδικασία του μπορεί να λειτουργήσει στο επίπεδο του συστήματος ή στο επίπεδο του υποσυστήματος. Αυτό συχνά αναφέρεται σαν βοήθημα «σκέψης συστήματος» ή ενδιαμέσο διάγραμμα. Τα ενδιαμέσα βοηθήματα είναι χρήσιμα στο περιβάλλον της ομάδας σχεδίου ώστε να χρησιμεύσουν ως καταγεγραμμένα αρχεία των συμφωνιών και της κοινωνικής ανταλλαγής. Η ιδέα είναι στο να συλληφθεί και να κατασκευαστεί το διαφορετικό αντικείμενο χρησιμοποιώντας

μορφές συμβολικών απεικονίσεων εφόσον υπάρχει μία θεμελιώδης θεωρία. Παρόλο που κάθε αντικείμενο περιέχει πληροφορία βγαλμένη από μια συγκεκριμένη γωνία ή προοπτική, τα αντικείμενα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμούς για να κερδίσουν βαθύτερη διορατικότητα σε ένα συγκεκριμένο φαινόμενο ή μια συμπεριφορά υποσυστήματος.

1.2.1 Μορφές Απεικόνισης

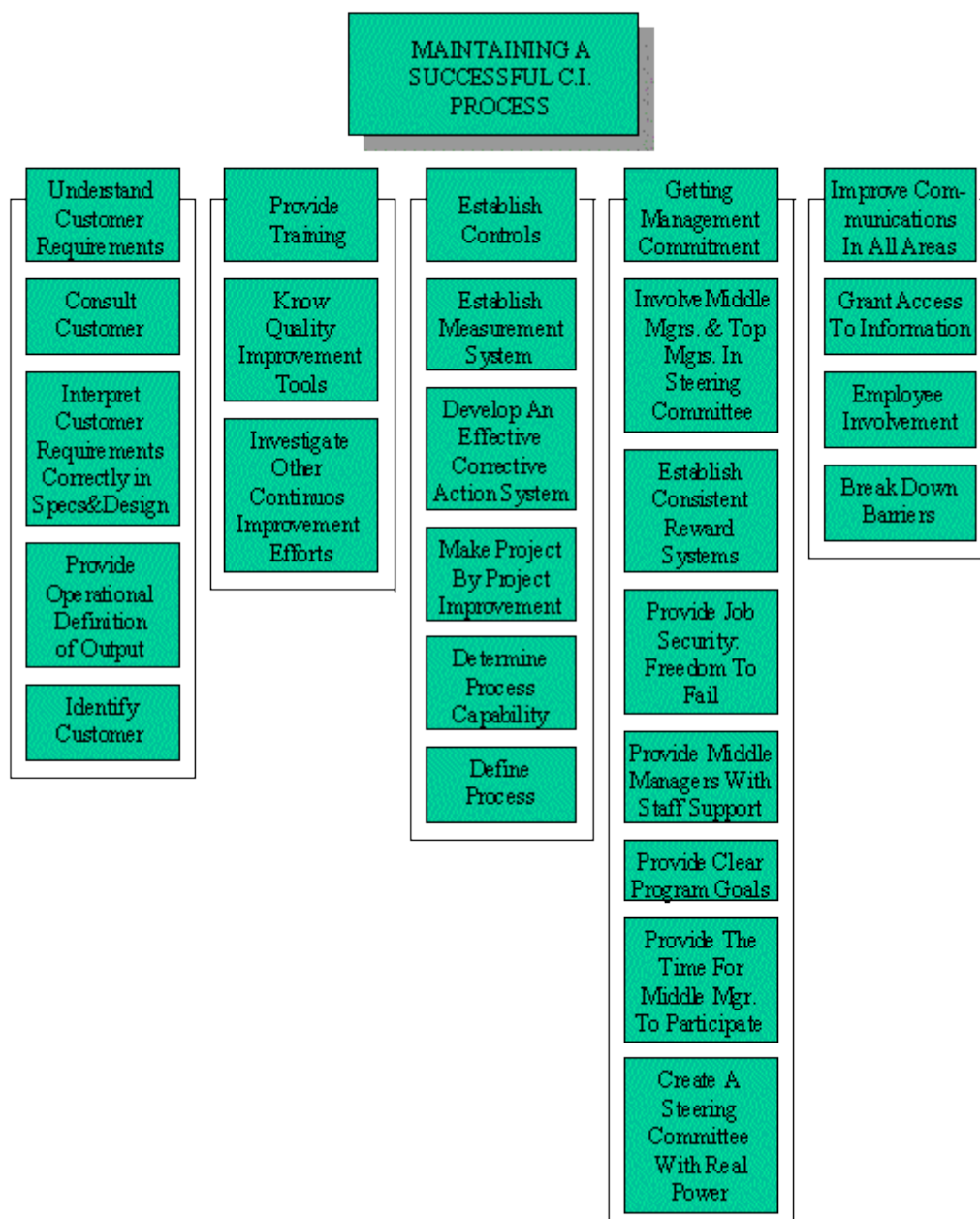
Τα θεωρητικά μοντέλα είναι δραστικές οπτικές τεχνικές που εμφανίζουν αποτελέσματα. Συχνά, τα θεωρητικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για να βγαίνουν ιδέες από μία ομάδα ή χρησιμεύουν ως εργαλεία προβληματισμού για να βρεθεί μία λύση. Τα θεωρητικά μοντέλα μπορούν να απεικονιστούν με πέντε κυρίως τρόπους (βλέπε Σχήμα 2):



Σχήμα 2: Διάφορες μέθοδοι απεικόνισης θεωρητικών μοντέλων (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

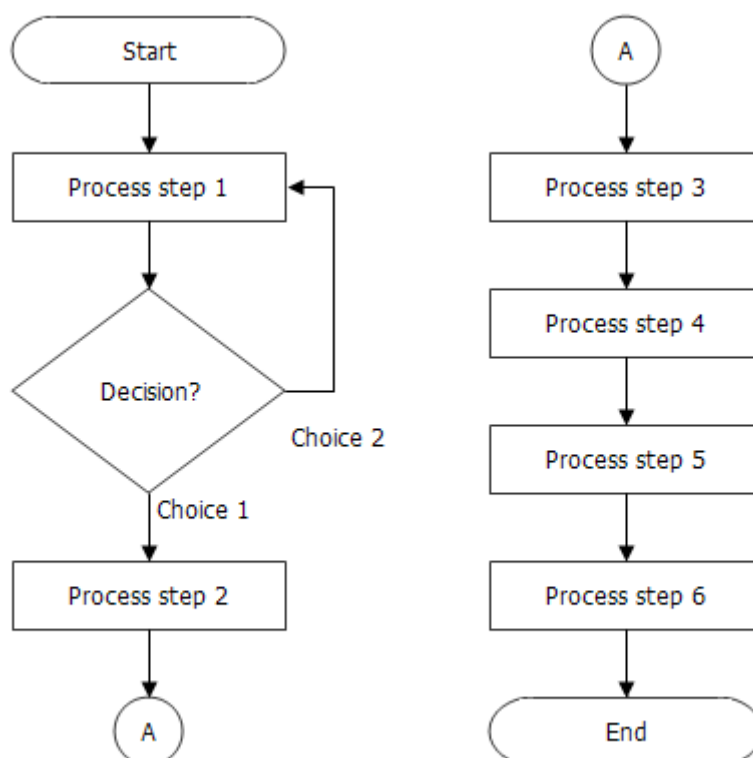
- **Διάγραμμα Συνάφειας:** Ο σκοπός ενός διαγράμματος συνάφειας (Εικόνα 1) είναι να κατηγοριοποιήσει ή να συγκεντρώσει στοιχεία από μία συνεδρίαση προβληματισμού ή από διάφορες λίστες παλιών πρακτικών. Συγκεντρώνει μαζί στοιχεία τα οποία έχουν κάποια συνάφεια κατά κάποιο τρόπο. Συχνά, η

συγκέντρωση επιτυγχάνεται ως αποτέλεσμα ενός «γκρουπ ήσυχης εργασίας». Οι συμμετέχοντες χρειάζεται να σηκώνονται με τη δική τους θέληση (μία κάθε φορά) και ήσυχα να τοποθετούν τις καταχωρημένες ετικέτες με άλλες ετικέτες που εμφανίζονται ώστε να δείχνουν κάποια συγγένεια και κοινοτυπία μεταξύ τους. Κάθε συμμετέχων κάνει μια περιστροφή. Ο σκοπός αυτής της άσκησης είναι να αναγνωριστούν ήσυχα και ταυτόχρονα φυσικά γκρουπ από στοιχεία, χωρίς συζήτηση. Όταν το γκρουπ τελειώνει την κίνηση του γύρω από τις καταχωρημένες ετικέτες, ορίζεται ένα όνομα για κάθε αναγνωρισμένη κατηγορία.



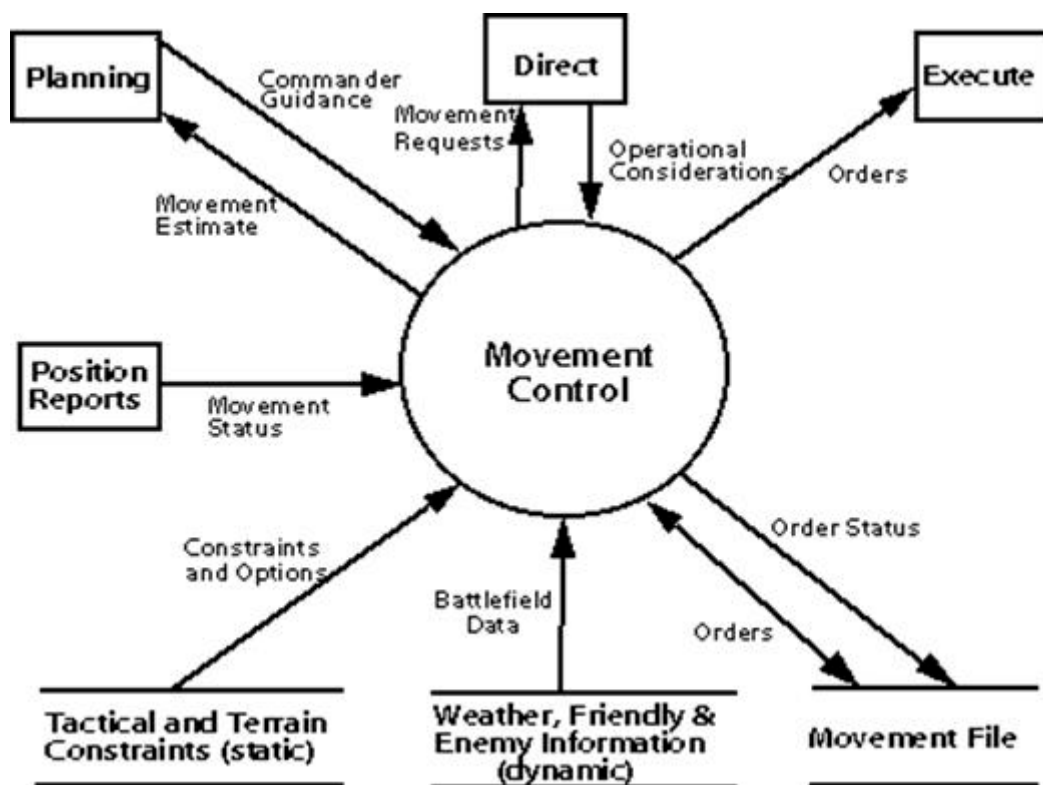
Εικόνα 1: Διαγράμματος συνάφειας (<http://www.kfmaas.de>).

- **Διάγραμμα Ροής:** Τα διαγράμματα ροής (Σχήμα 3) και τα σχηματικά διαγράμματα είναι πιο βολικά για την απεικόνιση της λειτουργίας ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας, που αποτελεί μια λεπτομερή περιγραφή του σκοπού της λειτουργίας. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν δεδομένα εισαγωγής, εξαγωγής και/ή ένα σύνολο σχηματικών αποφάσεων (κουτιά απόφασης) (προαιρετικά) για να περιγράψουν μια λειτουργία. Αυτό είναι πολύ παρεμφερές με το πώς σκέπτεται ένα ανθρώπινο ον με τους όρους της αιτίας και του αποτελέσματος. Εδώ, τα σχήματα (κουτιά) συνδέονται με ευθείες γραμμές. Αυτή η απεικόνιση είναι βολική για την ανάλυση ενδιαφερόντων πτυχών ενός συστήματος, όπως πληροφορίες ή ροή δεδομένων (δεδομένα εισαγωγής, εξαγωγής και αποφάσεις), προϋποθέσεις (στρατηγικές, έλεγχοι), περιορισμοί (μηχανισμοί, ανάδραση, συναρτήσεις, logistics, περιβάλλον), κλπ. Οι ολοκληρωμένοι προσδιορισμοί (IDEFO και IDEFIX) αποτελούν παραδείγματα ενός τέτοιου εργαλείου [U.S.Air Force, 1981], [U.S. Air Force, 1985] και [Yang , 1989].



Σχήμα 3: Διαγράμματα ροής (<http://www.breezetre.com>).

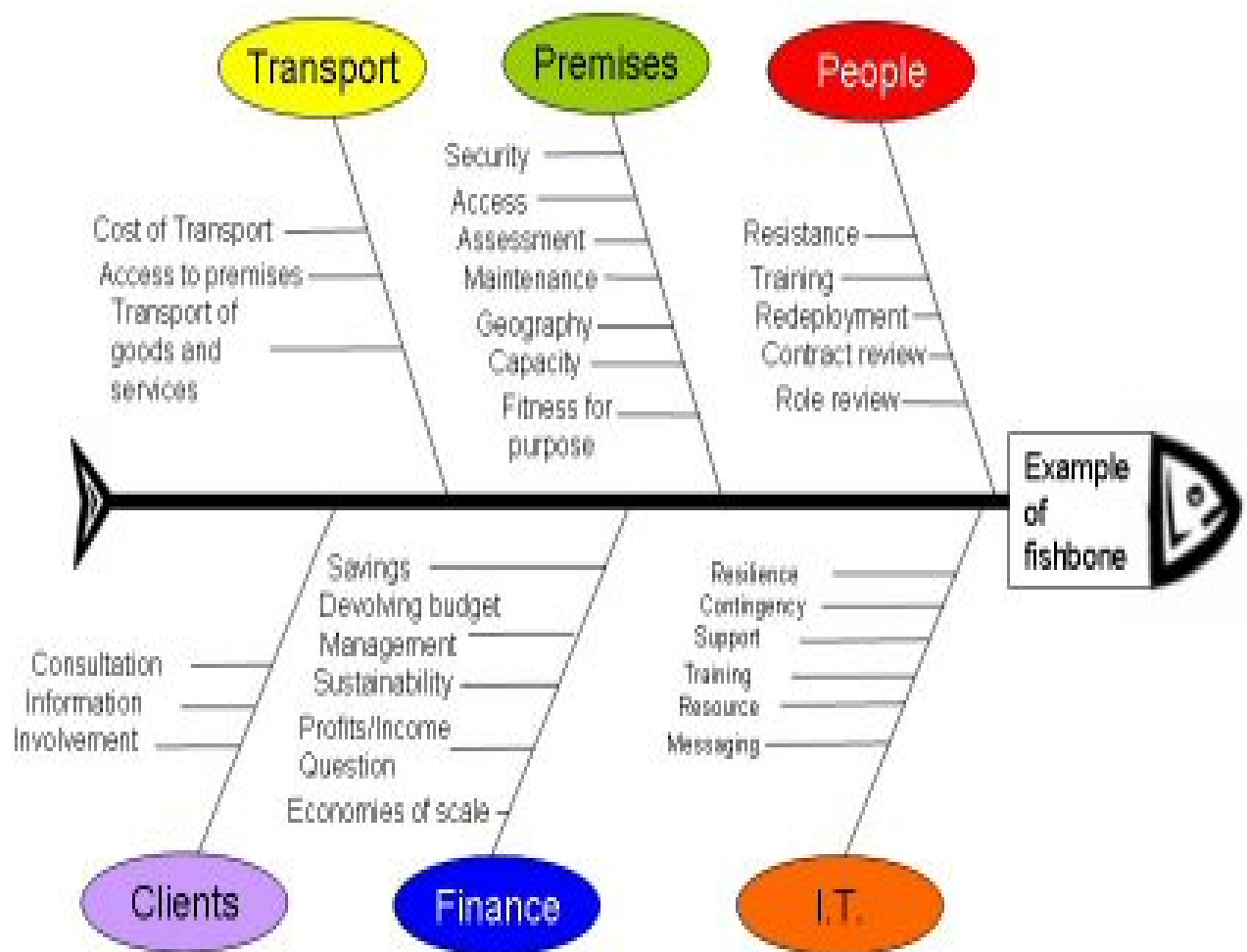
- Διάγραμμα Πλαίσιο:** Αναφέρεται και ως δίγραμμα αλληλεξάρτησης (Εικόνα 2). Παρέχει μία μέθοδο καθορισμού ενός παρά ενός, ενός παρά πολλών και πολλών παρά ενός σχέσεων ανάμεσα σε ένα μεγάλο αριθμό στοιχείων. Τα διαγράμματα πλαισίου μοιάζουν με τα σχηματικά διαγράμματα, όπου η σχέση ανάμεσα στο «αποτέλεσμα του» ή «μέρος του» απεικονίζεται περιβάλλοντας τις πληροφορίες του αποτελέσματος ή του μέρους μέσα από μια «γονική» δραστηριότητα. Κάθε δραστηριότητα «βγαίνει από» ή «χρειάζεται» πληροφορίες από άλλη δραστηριότητα και αποκτάται από ένα κατευθυνόμενο βέλος. Αυτό είναι χρήσιμο για την ανάλυση συμπτώματος ή την ανάλυση ρίζας – αιτίας. Κάποια μπορεί να ξεπεράσει το διάγραμμα και να καθοριστεί το γκρουπ από το γράμμα S (symrptom) ή R (root) δίπλα από κάθε κύκλο για να αναδείξει εάν είναι μία αιτία Συμπτώματος ή Ρίζας. Το γκρουπ μπορεί να πάει πίσω και να καταργήσει κάθε στοιχείο το οποίο σημειώνεται με S. Έπειτα, το γκρουπ μπορεί να αξιολογήσει ενδεχόμενες αιτίες μέχρι όλα τα S να γυρίσουν σε R.



Εικόνα 2: Διάγραμμα Πλαίσιο (<http://itsmeeashok.blogspot.com>).

- Διάγραμμα «Ψαροκόκαλο»:** Κοινώς αναφέρεται και ως Double-Q (QQ) διάγραμμα, διάγραμμα ρίζας – αιτίας, διάγραμμα αιτίας – αποτελέσματος και

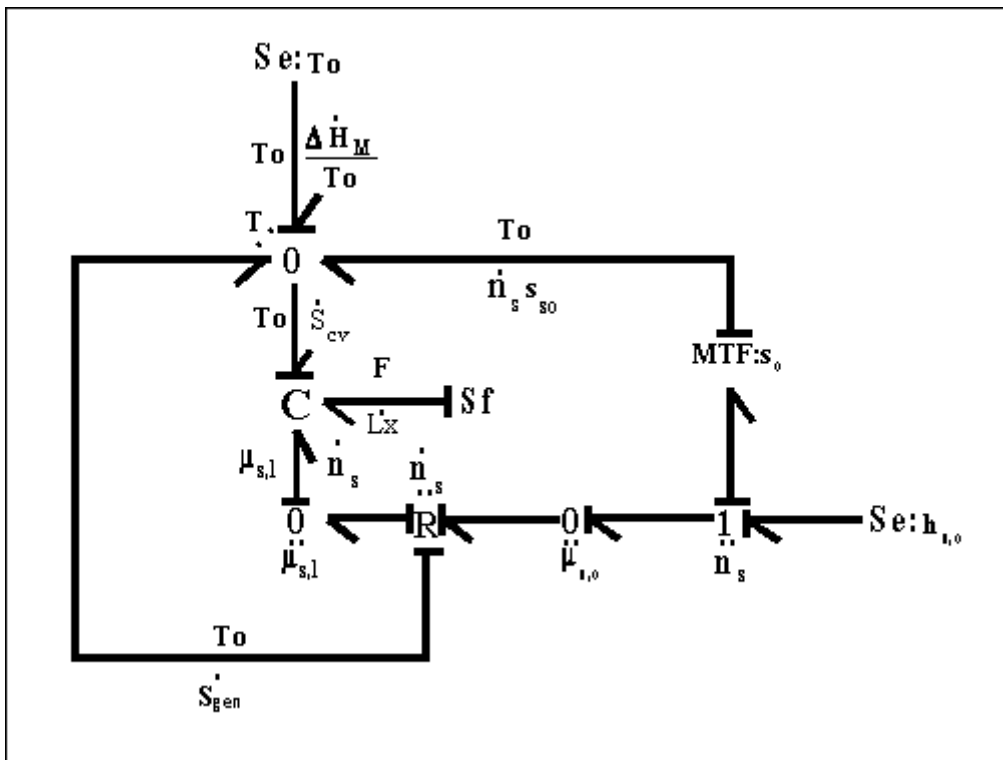
διάγραμμα Ishikawa (Εικόνα 3). Τα δύο Q προέρχονται από ποιοτικούς (Qualitative) και ποσοτικούς (Quantitative) παράγοντες. Το όνομα φαροκόκαλο προέρχεται από το σχήμα του διαγράμματος που δημιουργείται. Το όνομα αιτία – αποτέλεσμα εξαιτίας της σχέσης που παρουσιάζουν. Ο Kaoru Ishikawa αξιώνει να είναι ο πρώτος που περιέγραψε αυτή την προσέγγιση κατά τη δεκαετία του 1970 στην Ιαπωνία [Ishikawa, 1986]. Το διάγραμμα βγαίνει από μια παχιά γραμμή ή ένα κουτί, βέλη υπό κλίση και παράλληλες γραμμές. Κάθε γραμμή απεικονίζει μία δραστηριότητα και τα βέλη δείχνουν την έξοδο που απευθύνεται. Τέτοιες εξόδους μπορούν να περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, παράγοντες που επηρεάζουν την αξία του προϊόντος ή της υπηρεσίας ως προς τα μάτια του καταναλωτή. Το διάγραμμα φαροκόκαλο αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελεί μία ενιαία γραμμή (ή έναν συνδυασμό ενός κουτιού και μια ενιαίας γραμμής), δηλαδή μία παχιά οριζόντια γραμμή με συγκεκριμένη διεύθυνση και φορά. Υπάρχουν οικογενειακά ή κατευθυνόμενα βέλη τα οποία τοποθετούνται πάνω από την οριζόντια παχιά γραμμή, απεικονίζοντας του κυριότερους, «σκληρούς» (ποσοτικούς) παράγοντες ή μία γραμμή λειτουργιών. Οι «μαλακοί» (ποιοτικοί) παράγοντες, όπως τα εργαλεία υπολογιστών που περιλαμβάνουν τέτοιες λειτουργίες, βρίσκονται στο κάτω μέρος της οριζόντιας γραμμής. Τα υπόλοιπα μικρά βέλη απεικονίζουν τους δευτερεύοντες παράγοντες. Το QQ διάγραμμα παρέχει έναν οπτικό χάρτη των παραγόντων «κλειδιών» με μια ματιά. Συχνά, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο σε προβληματισμό όπου και οι δύο πλευρές των εξόδων (μαλακή και σκληρή) παραμένουν εξίσου ορατές.



Εικόνα 3: Διάγραμμα «Ψαροκόκαλο» (<http://www.leankaizen.co.uk>)

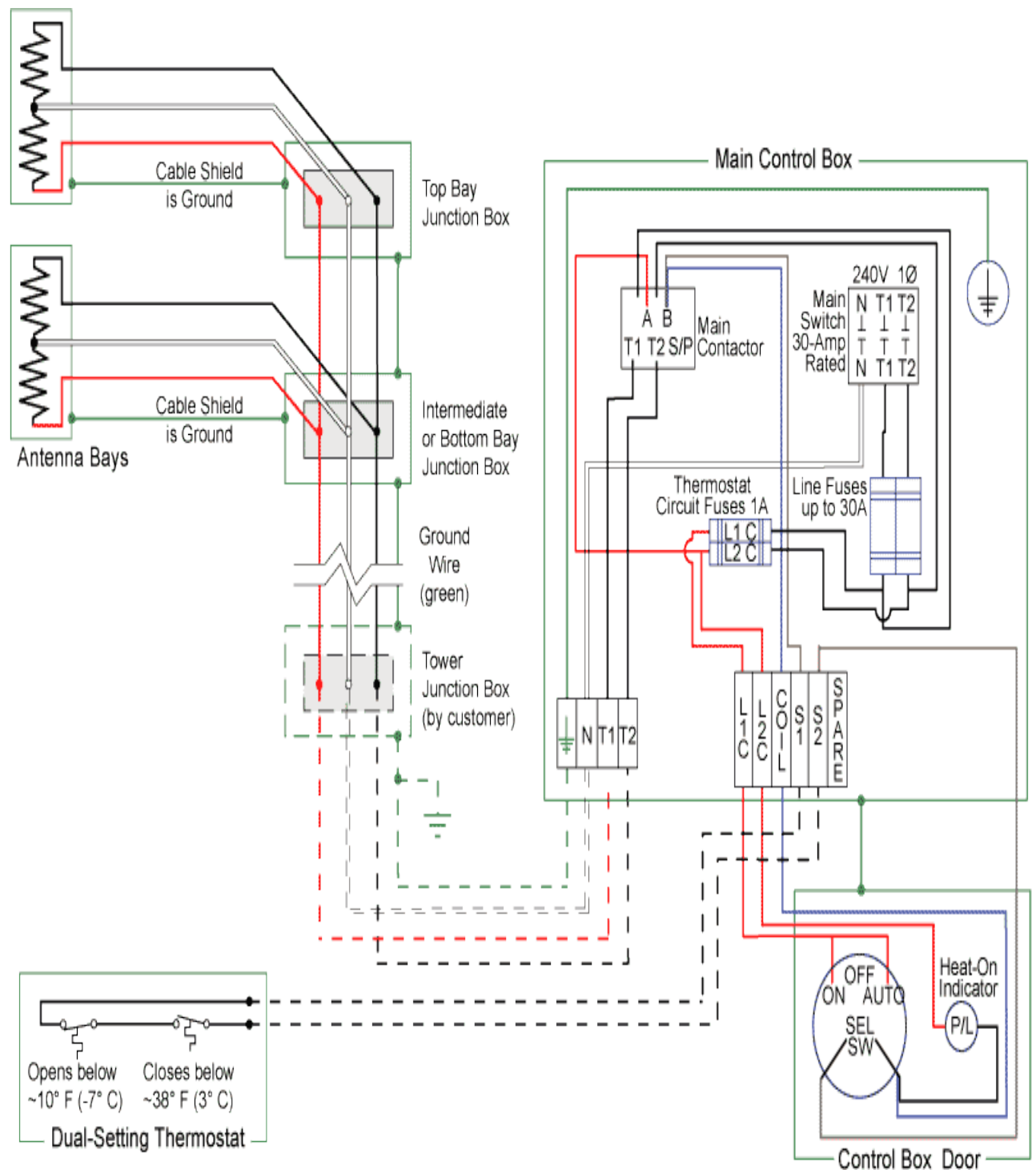
- Bond Γράφημα (Bond Graph):** Είναι το πιο βολικό διάγραμμα για να κατανοηθεί η συμπεριφορά των φυσικών συστημάτων έναντι των λειτουργιών τους. Οι περισσότερες συμπεριφορές τίθενται σε λειτουργία από τα ενεργητικά αποτελέσματα που διαδραματίζονται σε όλους τους τομείς της διαδικασίας. Το bond γράφημα (Εικόνα 4) αποκτά μονοπάτια ροής ενέργειας μέσα από ένα τεχνούργημα χρησιμοποιώντας μια κατευθυνόμενη γραφική τεχνική [Finger και Rinderle, 1989]. Οι κορυφές υποδηλώνουν τα ενεργητικά αποτέλεσμα που τίθενται σε λειτουργία από τα υποσυστήματα και οι άκρες δείχνουν την ενέργεια που μεταφέρεται στα υποσυστήματα. Αυτό το γράφημα μορφοποιεί μια καλή βάση για την αποκόμιση ενός συνόλου διαφορικών και αλγεβρικών εξισώσεων για την αναλυτική ή άλλων μορφών απεικόνιση. Η χρήση τέτοιων πολλαπλών μορφών, δίνει αμφότερα ποιοτικές (όπως η

σύγκριση) και ποσοτικές (ευαισθησία) ιδέες όσον αφορά την ενεργητική και δυναμική συμπεριφορά.



Εικόνα 4: Bond Γράφημα (<http://www.ai.mit.edu>).

- Σχηματικό Διάγραμμα:** Αναφέρεται ως η πιο πρωτόγονη μορφή της φυσικής μοντελοποίησης (Εικόνα 5). Αποτελεί κυρίως μία μορφή θεωρητικής μελέτης που τείνει να είναι σχεδόν ολοκληρωμένη με προσοχή σε συγκεκριμένους τομείς πληροφοριών και είναι πολύ στοιχειώδες σε συνάρτηση με τις λειτουργικές λεπτομέρειες των συστατικών του στοιχείων ή μερών του. Αυτό το διάγραμμα είναι χρήσιμο για τον καθορισμό των χαμένων στοιχείων και για τη βελτίωση της ποιότητας των αφαιρέσεων.



Εικόνα 5: Σχηματικό Διάγραμμα (<http://www.shively.com>).

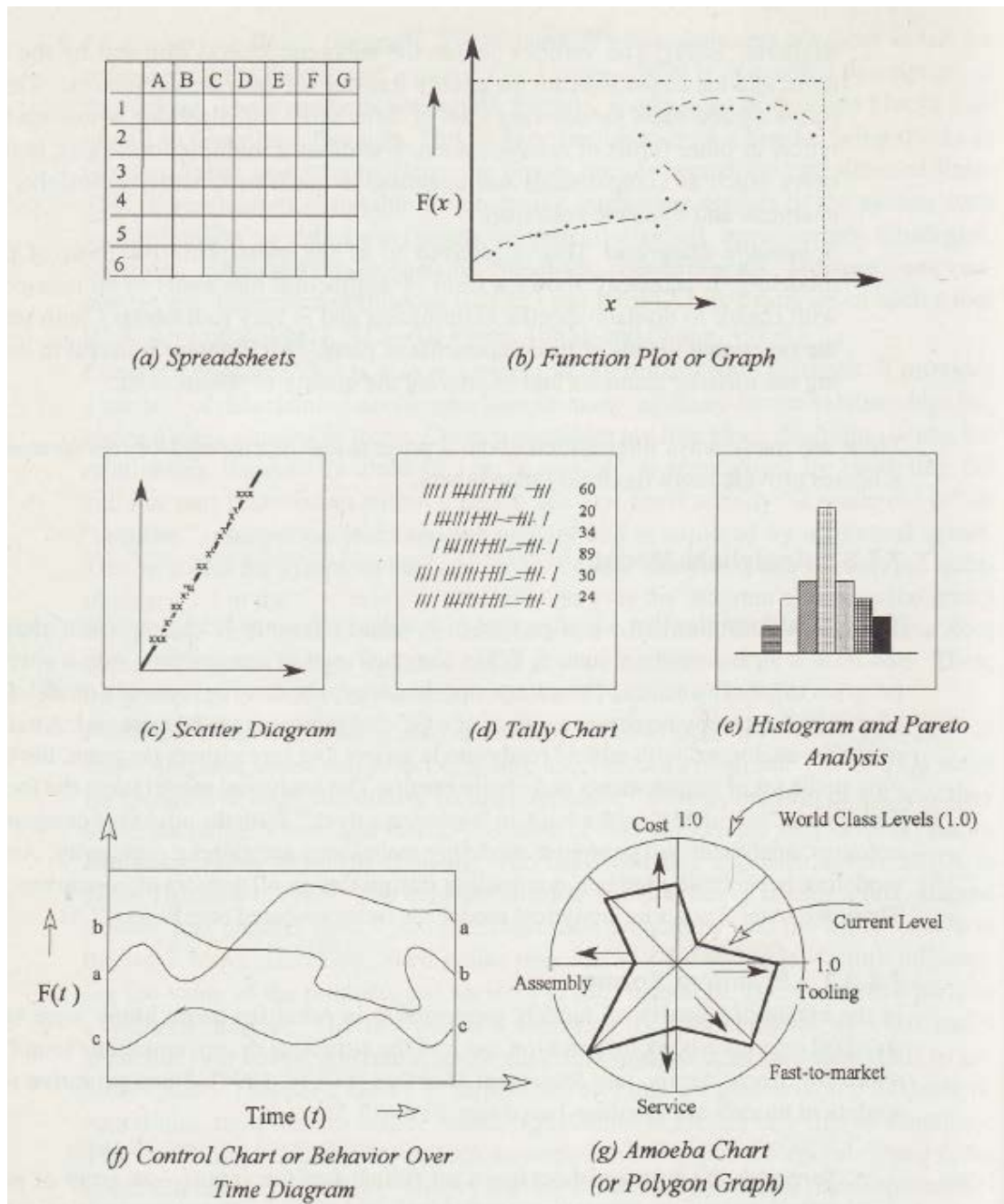
Υπάρχουν πολλοί τρόποι πληροφόρησης για να αποκτηθεί ή να παρουσιαστεί μια διαδικασία. Μερικά σχήματα παρέχουν περισσότερη ευελιξία από άλλα.

1.3 Αναλυτικό Μοντέλο

Οι τυπικές φόρμουλες, που συχνά βρίσκονται σε καθιερωμένες αναφορές βιβλίων, απεικονίζουν στοιχεία του πιο απλού αναλυτικού μοντέλου. Όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με πρόγραμμα υπολογιστικών φύλλων για την ικανοποίηση μιας σειράς προϋποθέσεων, τότε παίρνουν την πραγματική μορφή ενός μοντέλου. Κάθε σύνολο των προϋποθέσεων μπορεί να απεικονίσει ένα υποσύνολο μιας διαδικασίας σχεδιασμού του CE η οποία αποκτάται. Μετά τις προστιθέμενες ενότητες που είναι ανάλογες με τα προστιθέμενα, έτοιμα να μετατραπούν σενάρια σε υπολογιστικά φύλλα, ο χρήστης μπορεί να φράξει το σύνολο των προϋποθέσεων και να αποκτήσει αποτελέσματα. Το αναλυτικό μοντέλο παίρνει τη μορφή μιας υποκείμενης «υπολογιστικής μηχανής» με ενσωματωμένο «λύτη εξισώσεων». Με την άφιξη της τεχνολογίας του ηλεκτρονικού υπολογιστή, οι αναλυτικές και computer τεχνικές μοντελοποίησης κερδίζουν συνεχώς δημοσιότητα. Η αναλυτική μοντελοποίηση έχει γίνει σήμερα το κύριο εργαλείο σχεδιασμού σε όλες τις πτυχές του concurrent engineer. Υπάρχουν συγκεκριμένοι τρόποι που ένα αναλυτικό μοντέλο μπορεί να απεικονιστεί (Σχήμα 4).

1.3.1 Πρωτόγονες Φόρμες

Αρχικά, τα αναλυτικά μοντέλα είχαν κυρίως πρωτόγονη μορφή. Πολλές βασίζονταν σε πληροφορίες συνήθεις αναφορών βιβλίων, όπως για παράδειγμα οι εξισώσεις δομικού σχεδίου βρίσκονται σε *Φόρμουλες για Καταπόνηση, Παραμόρφωση και Δομικές Μήτρες* [Pillkey, 1994]. Μερικές πρωτόγονες φόρμες αναλυτικής μοντελοποίησης είναι γραφικές (Σχήμα 4):



Σχήμα 4: Γραφικές μορφές αναλυτικών μοντέλων (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

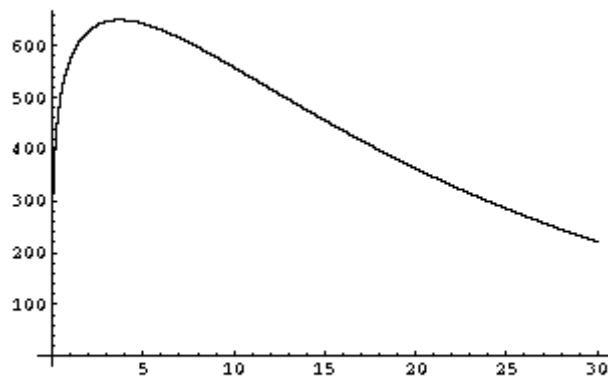
- Υπολογιστικά φύλλα:** Ένα υπολογιστικό φύλλο (Εικόνα 6) έχει μια σταθερή διάταξη για τα εισαγόμενα στοιχεία (σύνολο προκαθορισμένων εξισώσεων, διάφορες παράμετροι και αποτελέσματα). Οι παράμετροι είναι διάφορες λίστες που εμπεριέχουν ρυθμίσεις δεδομένων, τα εξαγόμενα αποτελέσματα είναι εκεί που τα αποτελέσματα πινακογραφούνται και τα καταρτισμένα φύλλα καθορίζουν πως τα αποτελέσματα θα καταγραφούν.

The screenshot shows an iPhone spreadsheet application titled "Budget". The status bar at the top indicates "O2-UK" and "17:26". The spreadsheet has a formula bar showing "=SUM(B3:B7)-SUM(B10:B15)". The table below is as follows:

	A	B	C
1		Jan	Feb
2	SALES		
3	Direct	80000	90000
4	Channel	170000	150000
5	OEM	45000	45000
6	Royalties	24000	24000
7	Total sales	319000	309000
8			
9	COSTS		
10	Staff	160000	160000
11	Office	28000	28000
12	Travel	10000	10000
13	Professional	5000	5000
14	Advertising	80000	80000
15	Admin Exp	50000	50000
16			
17	NET PROFIT	305000	285000

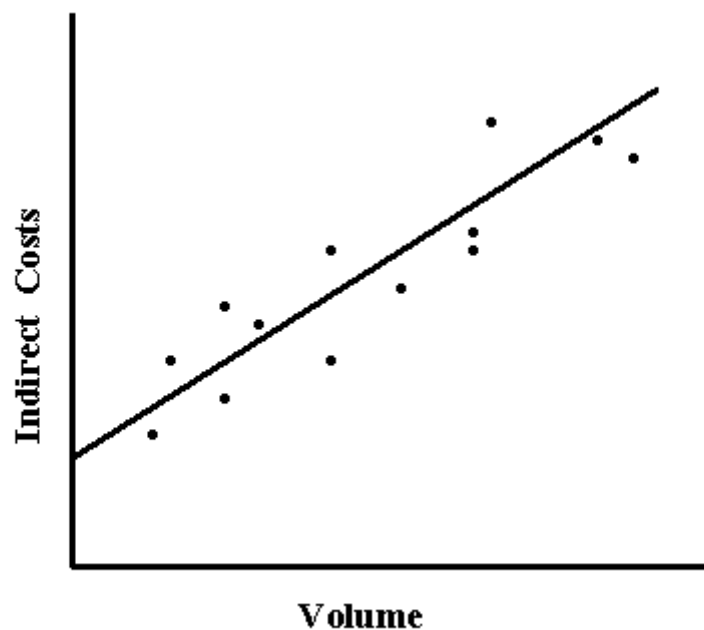
Εικόνα 6: Υπολογιστικά φύλλα (<http://www.iphonetechzone.com>).

- **Καταρτισμένη Συνάρτηση, Διάγραμμα Ροής ή Γράφημα:** Μια καταρτισμένη συνάρτηση (Εικόνα 7) δείχνει γραφικά πως μια μεταβλητή επηρεάζει μία άλλη μέσα σ' ένα επιθυμητό φάσμα συσχετιζόμενων τιμών. Ένα διάγραμμα ροής δείχνει πως μία συνάρτηση αλλάζει με τον χρόνο (ο χρόνος είναι μια από τις παραμέτρους στην καταρτισμένη συνάρτηση).



Εικόνα 7: Καταρτισμένη Συνάρτηση (<http://www.analyticcycling.com>).

- **Διάγραμμα Διασποράς:** Είναι μια καμπύλη μέσου όρου η οποία σχεδιάζεται από πειραματικά ή μετρήσιμα σημεία (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Διάγραμμα Διασποράς (<http://fast.faa.gov>).

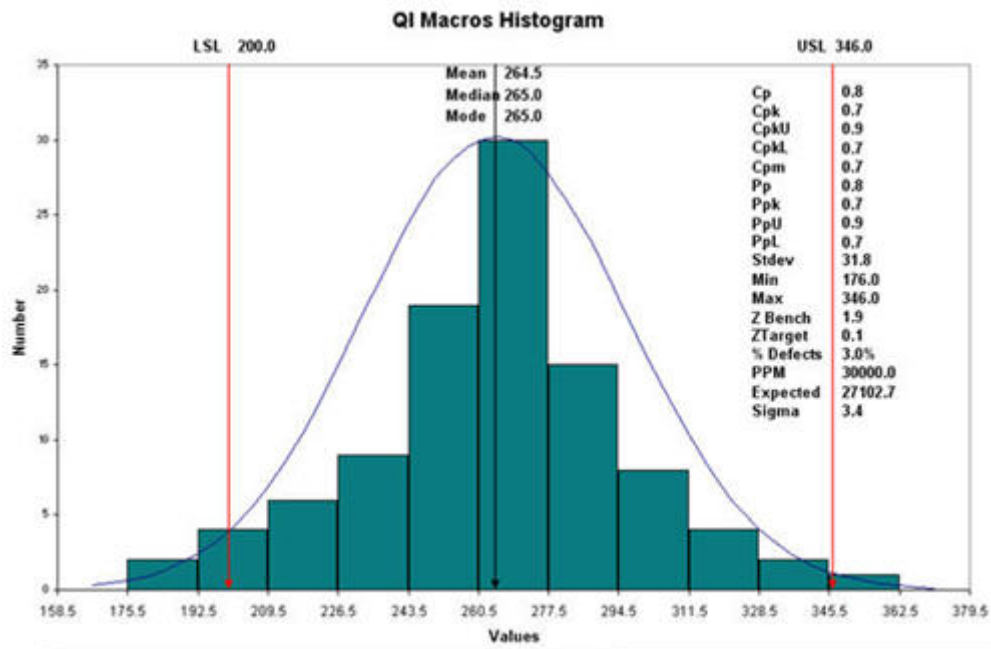
- **Διάγραμμα καταμέτρησης:** Αναφέρεται επίσης και ως φύλλο ελέγχου (Εικόνα 9) και χρησιμοποιείται για την συγκέντρωση δεδομένων με

οργανωμένο τρόπο (όπως η μορφή λίστας). Αυτός είναι ένας κατάλληλος τρόπος για τη σύγκριση αποτελεσμάτων (σε ακέραιους αριθμούς), όπως στις εκλογές, όταν οι καταμετρήσεις είναι συναρτήσεις του χρόνου. Τα διαγράμματα καταμέτρησης επίσης χρησιμοποιούνται για εκφράσουν συχνότητες και ποσοστά. Οι συχνότητες και τα ποσοστά μεταφέρουν το γεγονός των τιμών σε ένα σύνολο δεδομένων. Και τα δύο είναι ανάλογα μεγέθη – το ποσοστό σχετίζεται με το συνολικό αριθμό της βαθμολογικής επίδοσης του συνόλου δεδομένων.

Movie	Tally	Total
1st Favourite		
2nd Favourite		
3rd Favourite		
4th Favourite		
5th Favourite		

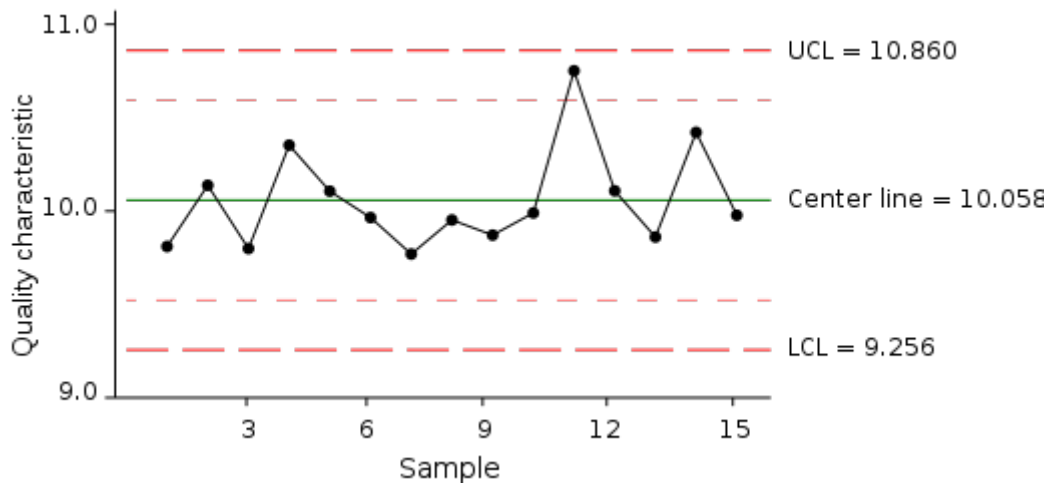
Εικόνα 9: Διάγραμμα καταμέτρησης (<http://www.bced.gov.bc.ca>).

- Ιστογράμματα και Ανάλυση Pareto:** Υπάρχουν μορφές διαγραμμάτων μπάρας που παρουσιάζουν γραφικά τη συχνότητα κατανομής σε συνάρτηση με κάποιες επιλεγμένες μεταβλητές ή διαστήματα τάξης. Το ιστογράμμα (Εικόνα 10) δεν δείχνει μόνο την συχνότητα κάθε τιμής, αλλά και το κατά προσέγγιση φάσμα δεδομένων (χαμηλότερη και υψηλότερη τιμή) και το σχήμα της κατανομής. Υπάρχουν πολλές μορφές κατανομής, όπως η δικόρυφη και η μονοκόρυφη κατανομή. Μια κανονική κατανομή είναι συμμετρική και με σχήμα καμπάνας. Τα ιστογράμματα μπορούν επίσης να επινοηθούν ως μια ακατέργαστη μορφή μιας κατανομής. Δίνοντας μια κατανομή, μπορούμε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες ενός γεγονότος σε πολλές περιπτώσεις.

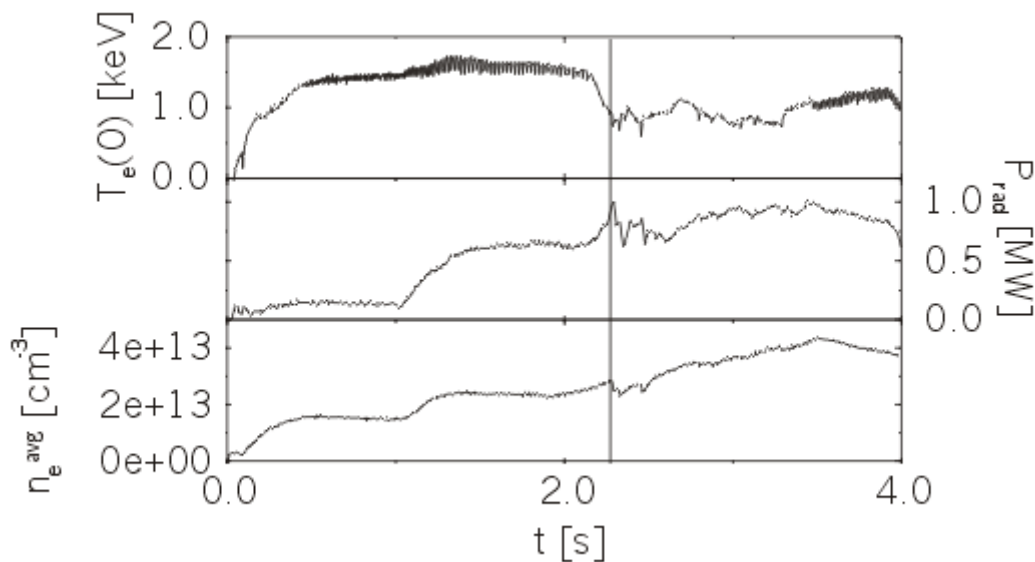


Εικόνα 10: Ιστογράμμα και Ανάλυση Pareto (<http://www.qimacros.com>).

- Διαγράμματα Ελέγχου και Συμπεριφοράς Πάνω σε Χρονικά Διαγράμματα:** Η χρήση των ιστογραμμάτων και των κατανομών είναι ένας τρόπος για την γραφική σύνοψη των δεδομένων. Ένας άλλος τρόπος είναι να συνοψίσουμε το σύνολο των δεδομένων με την χρήση συνοπτικών δεικτών και διαγραμμάτων ελέγχου (Εικόνα 11, Εικόνα 12). Ένα διάγραμμα ελέγχου χρησιμοποιείται για να παρουσιάσει πως μια παράμετρος, μέτρηση ή ακόμα και ένα συμβάν εξελίσσεται με τον χρόνο. Εάν ένας αριθμός συναρτήσεων σχετίζεται με μια μόνο μεταβλητή (χρόνος), η συμπεριφορά κάθε συνάρτησης μπορεί να απεικονιστεί σε ένα μονό διάγραμμα. Δύο παραδείγματα συνοπτικών δεικτών είναι ο μέσος όρος (κεντρική τάση) και η μεταβλητή (φάσμα). Επίσης, τα διαγράμματα ελέγχου παρουσιάζουν αλληλεξάρτηση στη συμπεριφορά τους.

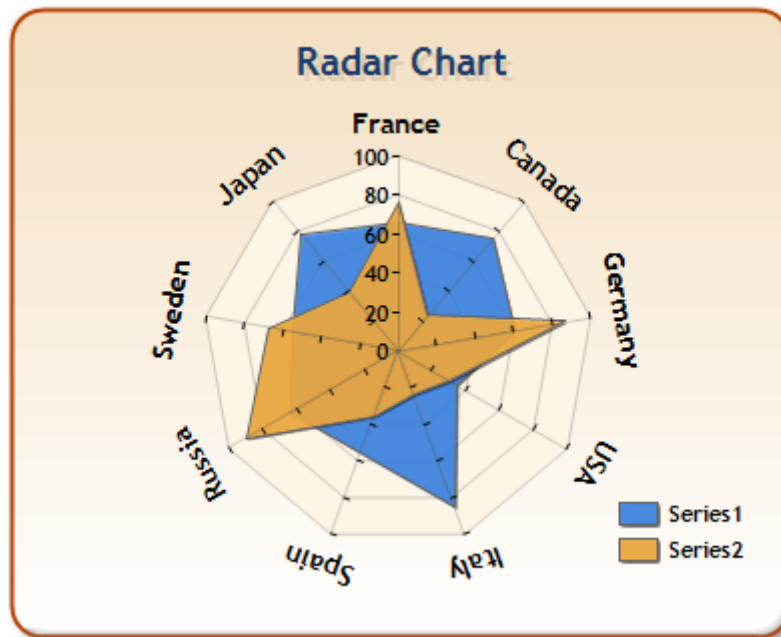


Εικόνα 11: Διάγραμμα ελέγχου (<http://engineerography.com>).



Εικόνα 12: Behavior Over Time Diagram (<http://europe.theoil drum.com>).

- Διάγραμμα Απειθα (ή Πολυγωνικό Γράφημα):** Αναφέρεται κοινώς και ως διάγραμμα αράχνης εξαιτίας του τελικού του σχήματος (Εικόνα 13). Αποτελεί έναν σχηματικό τρόπο για τον καταρτισμό χαρακτηριστικών που σχετίζονται με το τι βρίσκεται σε (ή τι κάνουν) ένα προϊόν παγκόσμιας εμβέλειας. Τα στοιχεία που γίνονται αποδεκτά σε ένα προϊόν παγκόσμιας εμβέλειας καταρτίζονται κατά μήκος της περιφέρειας ενός κύκλου. Τα στοιχεία κατά μήκος των ακτινικών αξόνων δείχνουν το επίπεδο της επίτευξης των χαρακτηριστικών αναλόγων με τα αντίστοιχα ενός προϊόντος παγκόσμιας εμβέλειας.



Εικόνα 13: Πολυγωνικό Γράφημα (<http://support2.dundas.com>).

Αρχικά, το CAD χρησιμοποιούταν κυρίως για τη δημιουργία σχεδίων (ως τέχνη ή αποτύπωση). Οι αρχικές προσπάθειες να αυτοματοποιηθούν οι δραστηριότητες ενός κύκλου παραγωγής επικεντρώθηκαν στην μείωση της ανθρώπινης ανάμειξης αναφορικά με την ετοιμασία και ερμηνεία του δισδιάστατου σχεδίου. Αυτή η προσπάθεια οδήγησε στην ανάπτυξη τεχνικών γεωμετρικής μοντελοποίησης στην πιο πρωτόγονη μορφή τους. Στην αρχή, το CAD (στην πιο πρωτόγονη μορφή του) ήταν ένα εργαλείο αναλυτικής μοντελοποίησης. Όμως, συνειδητοποιήθηκε νωρίς πως το «σχέδιο μέσω CAD» είχε περιορισμένη χρησιμότητα, από τότε που η πληροφορία εισαγόταν χειροκίνητα στον υπολογιστή και εξαγόταν ως αποτέλεσμα στο χαρτί. Όλη η προσπάθεια που γίνεται για την δημιουργία σχεδίων, συνεπώς, δεν έχει τόσο μεγάλο όφελος εκτός από την αυτοματοποίηση της διαδικασίας δημιουργίας του σχεδίου. Έτσι, το CAD είχε περιορισμένη χρησιμότητα στη διαδικασία του λειτουργικού σχεδίου. Ύστερα, ήρθε το δύο και μισό CAD. Μετέφερε τα χαρακτηριστικά του σχεδίου στους πελάτες πιο γρήγορα από το σύννηθες 2-D CAD. Το σύστημα 3-D CAD που ακολούθησε, ήταν ικανό στον εντοπισμό προβλημάτων διάταξης του σχεδίου, όπως η παρέμβαση που δεν μπορούσε να εντοπιστεί σε ένα 2-D CAD ή ένα σχέδιο. Επίσης, επέτρεπε τον καθορισμό φυσικών ιδιοτήτων ή μερών (όγκος, βάρος) χωρίς τη δημιουργία φυσικού μοντέλου.

1.3.2 Συστήματα 3-D CAD

Το αναλυτικό σχέδιο ήταν πάντα μια διαδικασία σκέψης στις τρεις διαστάσεις και η μεταποίησή τους σε σχέδιο δύο διαστάσεων ή ισομετρική εικόνα. Γενικά, όσο απομακρύνεται η απεικόνιση ενός μηχανικού συστήματος από την γεωμετρική του μορφή, τόσο είναι δυσκολότερο για ένα μηχανικό να το καταλάβει διαισθητικά. Η τεχνολογία μοντελοποίησης στερεών έχει γίνει καταλυτικός πυρήνας για την αναλυτική μοντελοποίηση. Η ανάλυση τρισδιάστατων σχημάτων γίνεται απλούστερη με στερεά μοντέλα. Με τα τρισδιάστατα στερεά, τα ηλεκτρονικά μοντέλα ενός προϊόντος μπορούν να προσομοιώσουν τα βήματα δράσης του σχεδίου και τις παραγωγικές διαδικασίες για την βιομηχανοποίηση του κομματιού. Τα στερεά μοντέλα μπορούν να προσομοιώσουν την ψηφιακή προσυναρμολόγηση και το ηλεκτρονικό προσχέδιο και να αποδώσουν τρισδιάστατη συνδυαστική ανάλυση (χρησιμοποιώντας εργασίες πρωτότυπων λογισμικών). Η εταιρία Boeing εξάλειψε την ανάγκη για ένα προσχέδιο πλήρους μεγέθους ενός νέου 777, χρησιμοποιώντας στερεή μοντελοποίηση. Τα στερεά είναι απολύτως χρήσιμα στην ενεργοποίηση πλήρων δεδομένων στα γρήγορα πρωτότυπα συστήματα, για αποκτήσουν γρήγορα φυσικά μοντέλα των επινοήσεων και σχεδίων. Τέτοιοι μηχανισμοί είναι πολύ σημαντικοί παράγοντες διευκόλυνσης για την διαδικασία του CE σχεδίου. Αυτές οι αναπτύξεις έχουν φέρει πιο κοντά τα αναλυτικά μοντέλα στην υλοποίηση φυσικών αντικειμένων πιο πολύ από ποτέ άλλοτε. Ακόμα, δεν είναι πάντα πρακτικό να κάνουμε σχέδιο την κάθε λεπτομέρεια. Επί παραδείγματι, τα περισσότερα τρισδιάστατα μοντέλα δεν απεικονίζουν την γεωμετρική δομή λεπτομερώς – αναφορικά με τις μεταβλητές διαστάσεις. Αυτό προϋποθέτει επαναδημιουργία του σχεδίου ακόμα και αν μόνο ένα μικρό υποσύνολο παραμέτρων χρειάζεται να αλλαχθεί. Επίσης, οι προδιαγραφές των ανοχών και του τελειώματος της επιφάνειας είναι δύσκολο να καθοριστούν στα περισσότερα τρισδιάστατα μοντέλα (Requisha και Voelcker, 1982).

1.3.3 Εικονικά Αναλυτικά Μοντέλα

Η αναπτυσσόμενη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης στο σχέδιο πηγάει στην ευκολία να αποκτηθεί η γεωμετρία αναλυτικά με τη μία. Οι σχεδιαστές είναι ικανοί να κατασκευάσουν και να μετατρέψουν ένα κομμάτι σε σχέδιο πολύ γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ευκολία από τη χρήση μόνο ενός φυσικού μοντέλου. Επιπλέον, τα τρισδιάστατα μοντέλα που δημιουργούνται στους υπολογιστές είναι

επαναχρησιμοποίησήμα και επιδεκτικά μετατροπής με πολύ λιγότερο χρόνο και κόστος από μοντέλα που χρησιμοποιούν γραμμές και επιφάνειες απεικόνισης.

Στα πρόσφατα χρόνια, τα λογισμικά για τρισδιάστατη γεωμετρική μοντελοποίηση έχουν προσθέσει τεχνικές όπως η παραμετρική μοντελοποίηση, γεωμετρία μεταβλητών, μοντελοποίηση μεταβλητών διαστάσεων, γνώση βασισμένη στη μηχανική και άλλες εικονικές τεχνικές. Δεν είναι πλέον αναγκαίο να ξεκινάμε από την αρχή για να μετατρέψουμε ένα στερεό μοντέλο. Οι προγραμματιστές στερεών μοντέλων έχουν συνδεθεί με προμηθευτές ειδικευόμενων εφαρμογών για την παροχή ολοκληρωμένων λειτουργικότητων. Το στερεό ή τρισδιάστατο σχέδιο αποτελεί μια επιθυμητή μέθοδος για την απόκτηση της αναλυτικής γεωμετρίας. Επιτρέπει στους σχεδιαστές να επικοινωνούν με τον ίδιο τρόπο όπως η ανθρώπινη κοινή σκέψη. Μετά από όλα τα παραπάνω, κάποιος δεν μπορεί να εκτοξεύσει ένα προσφάτως σχεδιασμένο τζετ ή πύραυλο και να ελπίζει μόνο να δουλέψει. Μια ματιά στην πολυπλοκότητα των αεροσκαφών και των οπλικών συστημάτων που χρησιμοποιήθηκαν στον Πόλεμο του Κόλπου αποκαλύπτει το μέγεθος του ρόλου που έπαιξαν οι πολλαπλών επιπέδων αλληλεπιδράσεις. Νέα σχέδια αεροσκαφών, η προσελήνωση, δορυφορικά δίκτυα και ανεπάνδρωτα διαστημικά ερευνητικά οχήματα δεν θα μπορούσαν ποτέ να είχαν επιτευχθεί χωρίς την συστηματική προσέγγιση της μοντελοποίησης της πληροφορίας. Πως αυτό μπορεί να γίνει μέχρι όλα τα δεδομένα να είναι διαθέσιμα, όλα τα μέρη να έχουν σχεδιαστεί και όλα τα υλικά να έχουν εγκατασταθεί; Η απάντηση βρίσκεται στην απόκτηση πληροφορίας σε μια ηλεκτρονική υποκατάστατη βάση γνώσεων και σε αναπτυσσόμενα μοντέλα γενικής χρήσης:

- **Τεχνική Μνήμη:** Η τεχνική μνήμη είναι μία μορφή υποκατάστατης βάσης δεδομένων. Παρέχει την βάση για την ανάπτυξη πληροφοριακών μοντέλων σε μια επιχείρηση και προσδιορισμό μοντέλων. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη ρεαλιστικών εναλλακτικών μοντέλων τα οποία έπειτα μπορούν να αναλυθούν. Η βάση δεδομένων, όταν χρησιμοποιείται ως βάση για αυτές τις μελέτες, μπορεί να παρέχει επικοδομητικές προγνώσεις. Μπορεί να προβλέψει τις επιπτώσεις από την εφαρμογή στρατηγικών εναλλακτικής μοντελοποίησης κατασκευή μηχανισμών και λειτουργιών.
- **Προδιαγραφές για Φυσική Υλοποίηση:** Όσον αφορά τα αναλυτικά μοντέλα, με σκοπό την απεικόνιση του λειτουργικού σχεδίου όσο πιο κοντά γίνεται στο φυσικά εφικτό αντικείμενο που είναι επιθυμητό, τα μοντέλα πρέπει να παρέχουν τα παρακάτω:

- Μηχανισμούς για την αναλυτική απεικόνιση των λειτουργικών προϋποθέσεων του τεχνουργήματος και σύνδεσή τους με συσχετιζόμενα γεωμετρικά στοιχεία.
- Έννοιες του ελέγχου της εσωτερικής πυκνότητας των φυσικών χαρακτηριστικών του αντικειμένου.
- Τρόπους για τον επαρκή καθορισμό της τοπολογίας του αντικειμένου (αναγνώριση χαρακτηριστικών).
- Έννοιες και αξιολόγηση του σχεδίου για την συναρμολόγηση και την παραβίαση της αποσυναρμολόγησης.
- Δοκιμή πυκνότητας και επάρκειας της επιλεγμένης συναρμολόγησης, σύνδεσης κομματιών και ανοχής των στοιβών
- Κριτήρια για τον υπολογισμό των περιθωρίων της συναρμολόγησης υπό συνθήκες εργασίας (φορτωμένο ή καταπονημένο).
- Τρόπους για τον προσδιορισμό ανοχών και τελειωμάτων επιφανειών.
- Έννοιες του ελέγχου ενάντια της υποτίμησης ή υπερτίμησης των διαστάσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

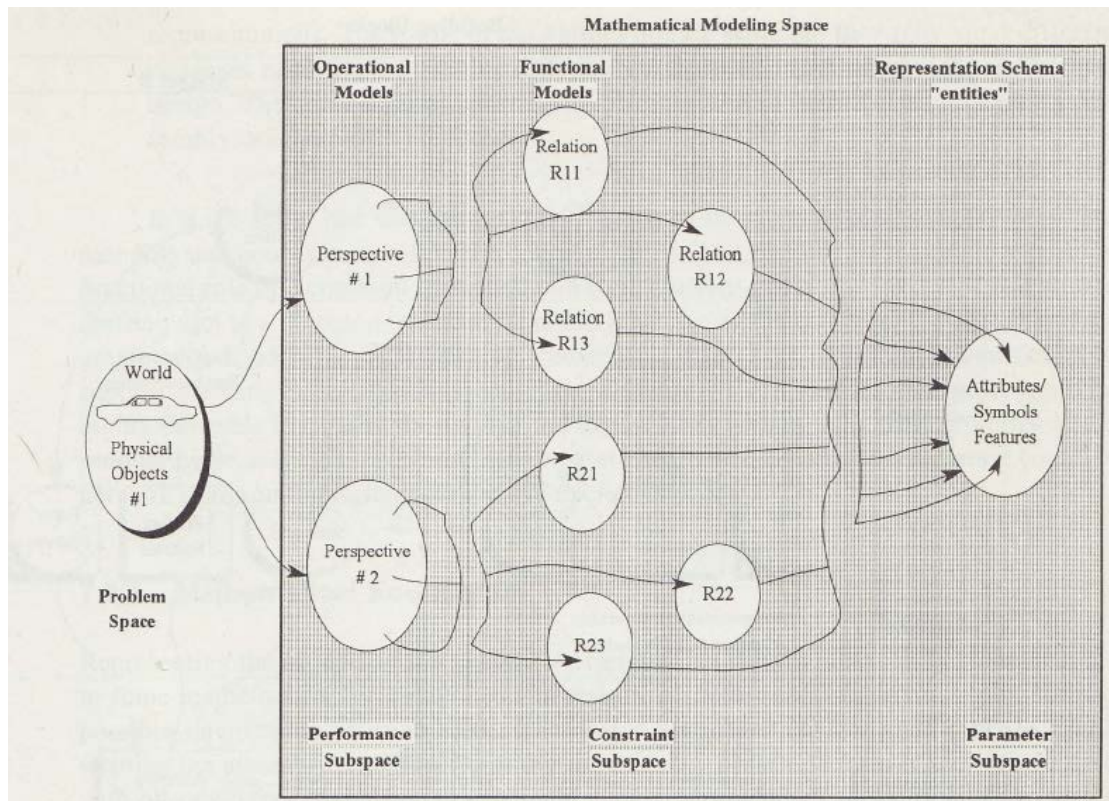
Η αναλυτική μοντελοποίηση παρέχει μια καλύτερη εναλλακτική μοντελοποίηση από επιλογές όπως η φυσική μοντελοποίηση. Είναι πολύ παρόμοια με την επί τούτου κωδικοποίηση κατά την ανάπτυξη λογισμικού. Οι περισσότερες μέθοδοι μοντελοποίησης μορφοποιούν και εκθέτουν λάθη μειονεκτήματα που μπορούν να διορθωθούν εύκολα. Οι επιλογές ότι τέτοια προβλήματα μπορούν να παραβλεφθούν είναι λίγες με την αναλυτική μοντελοποίηση, όπως συγκρίνεται με τη μπερδεμένη πολυπλοκότητα της απόλυτης φύσης μιας εναλλακτικής προσέγγισης. Καινούρια εργαλεία είναι πλέον διαθέσιμα, με τα οποία αποκτάται το σχέδιο ενός προϊόντος ως υπολογιστικό μοντέλο και διαμορφώνεται η διαδικασία της μοντελοποίησης. Τέτοια εργαλεία αποδίδουν ακριβή μοντελοποίηση και μειώνουν δραματικά τον χρόνο σχεδίασης. Επιπλέον, επιτρέπουν στους μηχανικούς να υπολογίσουν εναλλακτικά σχέδια και να μεταφέρουν τα δεδομένα του προϊόντος κατευθείαν σε άλλα μηχανικά συστήματα βασιζόμενα σε κομπιούτερ. Η μοντελοποίηση παρέχει νέες ευκαιρίες για την βελτιστοποίηση του συστήματος. Η πολυπλοκότητα του συστήματος συχνά χειρίζεται μέσω μιας συστηματικής κατανομής της δενδρικής δομής του προϊόντος, ακολουθούμενη από την ανάλυση των εργασιών σε κομμάτια μικρότερου μεγέθους έτσι ώστε να μπορεί εύκολα να διαχειριστεί.

Είναι δύσκολο να καλυφθούν όλες οι πτυχές του ενδιαφέροντος κατά τη διάρκεια της σχεδίασης του προϊόντος και της ανάπτυξης της διαδικασίας με ένα ορισμένο σύνολο μοντέλων απεικονίσεων. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως, κάθε αναλυτική απεικόνιση μέσα σ' ένα μοντέλο ταιριάζει καλύτερα σε ένα προδιαγεγραμμένο σύνολο περιοχών εφαρμογών (για μοντελοποίηση και ανάλυση) από άλλα. Στο CE, είναι κρίσιμη η ικανότητα να γίνεται επεξεργασία της πληροφορίας από πολλαπλές προοπτικές και θεωρητικά επίπεδα. Η απεικόνιση πολύπλοκου μοντέλου υποστηρίζει την ιδέα ότι, κάποιος μπορεί να βάλει και να επεξεργαστεί ένα μοντέλο σε μερικές απεικονίσεις. Επομένως, κατά τη διάρκεια ανάπτυξης ενός προϊόντος, μια ποικιλία διασυνδεδεμένων απεικονίσεων πρέπει να μελετηθεί. Η δυνατότητα εφαρμογής ενός μοντέλου με πολλαπλές απεικονίσεις τείνει στο να διαρκεί όσο ένας μεγάλος τομέας εφαρμογών, δίνοντας ένα καλύτερο μέσο για την ανάλυση και σχεδιασμό πολλαπλών προοπτικών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Συστήματα όπως τα κομπιούτερ, υπολογιστικά φύλλα εργασίας, μηχανές που λειτουργούν με υπολογιστικά δεδομένα (Numerically Controlled), αντίστοιχες γλώσσες προγραμματισμού, παραμετρικός προγραμματισμός, κλπ, έχουν παραμείνει για δεκαετίες. Εργαλεία για την μοντελοποίηση της φυσικής κατάστασης της πολυπλοκότητας μηχανικών συσκευών και για την προσομοίωση της συμπεριφοράς τους είναι πλέον διαθέσιμα σε ευρεία κλίμακα. Όμως, παρόλο τα πλεονεκτήματά τους στα απαιτούμενα hardware και software, η χρήση τους στο CE δεν είναι ευρέως διαδεδομένη. Σε κρίσιμο επίπεδο, το συστατικό που λείπει είναι το υπολογιστικό περιβάλλον για την μοντελοποίηση των μεταβλητών πτυχών του προβλήματος ή της διαδικασίας υλοποίησης το προϊόντος. Για να υποστηριχθούν τα παραπάνω, ένας οργανισμός χρειάζεται ένα σύνολο από μοντέλα για να αποκτήσουν επαρκώς την μεταβλητότητα των προβλημάτων και του περιβάλλοντός τους. Ένα μοντέλο αποτελεί έναν θεωρητικό προσδιορισμό για τομείς που εκτελούν λειτουργίες. Υπάρχει ένα ονομαστικό διάστημα συμπεριφοράς ανάμεσα στα μοντέλα και τις εφαρμογές που συνδέει τη θεωρία των μοντέλων με την εκτέλεσή τους. Η σύνδεση των συμπεριφορών είναι ουσιαστικά μια μεταμόρφωση, όπου οι επινοήσεις μοντελοποίησης μετατρέπονται σε πραγματοποιήσιμες εφαρμογές. Μια από τις πιο σημαντικές πτυχές σε οποιαδήποτε διαδικασία υλοποίησης προϊόντος είναι η ύπαρξη πραγματικής γνώσης. Αυτή η γνώση υπάρχει σε πολλές μορφές και δομές: γνωστικός τομέας με την θεωρία του, θεωρητική γνώση και πρότυπη γνώση. Η

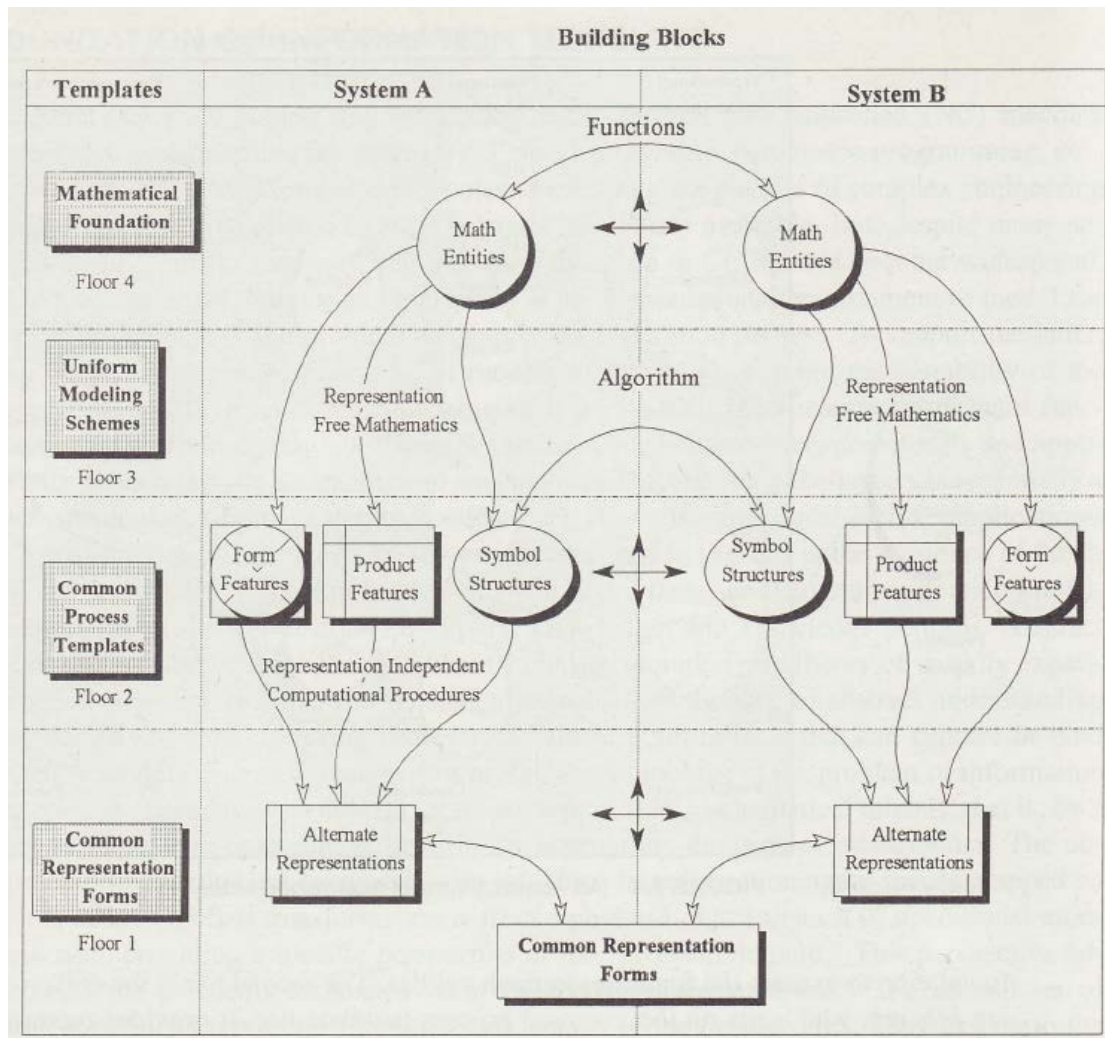
θεωρητική γνώση μπορεί να είναι αποσπασματική χωρίς μια σταθερή υποκείμενη θεωρία της «ολικής» εμπειρίας ή της συμπεριφοράς των μοντέλων. Το θεμελιώδες πρόβλημα είναι η έλλειψη της θεωρητικής κατανόησης του σχεδίου και της παραγωγικής διαδικασίας που θα δημιουργήσουν μαθηματικά μοντέλα τα οποία μπορούν να αποκτήσουν ή να συνδέσουν τις συμπεριφορές τους. Το Σχήμα 5 προτείνει ένα χρήσιμο τρόπο στο να παρατηρηθεί το πρόβλημα μοντελοποίησης της πληροφορίας. Τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου αντικαταστάθηκαν με μαθηματικά μοντέλα, που θα αποτελέσουν θεωρητικούς χάρτες καθορισμένους από κατάλληλους τομείς των μαθηματικών. Ο τομέας της γνώσης έχει χωριστεί σε τρεις μετατροπές ονομαστικών διαστημάτων. Η πρώτη μετατροπή είναι από ένα φυσικό αντικείμενο σε ένα σύνολο λειτουργικών μοντέλων, καθένα από τα οποία παρέχει συγκεκριμένη προοπτική εικόνα του «τομέα του προβλήματος». Αυτές οι προοπτικές εικόνες επιλαμβάνονται των προβλημάτων που συσχετίζονται με την «επίδοση του υποδιαστήματος». Το δεύτερο σύνολο των μετατροπών απεικονίζει τα λειτουργικά μοντέλα των προοπτικών. Ανήκουν στο «περιορισμένο υποδιάστημα». Έπειτα, καθορίζεται η ιδέα της απεικόνισης του σχήματος (οντότητες). Οι μαθηματικά καθορισμένες οντότητες, π.χ. ιδιότητες, σύμβολα και χαρακτηριστικά δείχνουν να ανήκουν στο «παραμετρικό υποδιάστημα». Τα λειτουργικά μοντέλα εκφράζονται στο χαμηλότερο επίπεδο της απεικόνισης του διαστήματος της μαθηματικής μοντελοποίησης. Η σχηματική απεικόνιση, που υπόκεινται οι καθορισμένες οντότητες ενός υπολογιστικού συστήματος, είναι σημαντική για την διευκόλυνση της κατασκευής και του ελέγχου των λειτουργικών μοντέλων.



Σχήμα 5: Θεωρητική όψη μοντελοποίησης της πληροφορίας (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

Η μετατροπή που χαρακτηρίζεται «σηματική απεικόνιση» στο Σχήμα 5 παίρνει λειτουργικά μοντέλα και παρέχει μαθηματικά καθορισμένες συμβολικές δομές. Για παράδειγμα, χαρακτηριστικές σειρές, ιδιότητες κλπ. Τελικά, τέτοιες συμβολικές δομές πρέπει να εκθέτονται περαιτέρω σε «δομές αποθήκευσης» στα προγραμματισμένα περιβάλλοντα, όπως τα αντικείμενα και οι τάξεις σε ένα προγραμματισμένο σύστημα προσανατολισμένου αντικειμένου. Αυτό το βήμα δεν παρουσιάζεται στο Σχήμα 5. Το σχήμα της μοντελοποίησης της πληροφορίας σχετίζεται με τα θέματα και τις προσεγγίσεις που παρέχουν αυτή την ένωση (π.χ., εκτελέσιμες ενότητες, εισαγωγή ξένων μοντέλων, μετάφραση των συνδέσεων μοντέλου σε συνδέσεις εφαρμογής και εξωτερικά ονομαστικά διαστήματα). Αυτός ο τύπος σχήματος πληροφοριακής μοντελοποίησης βασίζεται σε κάποια βασικά πρότυπα. Το Σχήμα 6 παρουσιάζει μια προσέγγιση τεσσάρων βαθμίδων της μοντελοποίησης της πληροφορίας. Η υψηλότερη βαθμίδα (επίπεδο 4) παρέχει μια μαθηματική θεμελίωση για να εκφράσει τις λειτουργίες σε μαθηματικές οντότητες. Η δεύτερη βαθμίδα αποτελεί ένα ενιαίο σχήμα μοντελοποίησης, που κάθεται στην βαθμίδα μιας κοινής πρότυπης διαδικασίας. Παρέχει ελεύθερη απεικόνιση μαθηματικών. Η τρίτη βαθμίδα είναι μια κοινή πρότυπη διαδικασία η οποία παρέχει μια απεικονιστική, ανεξάρτητη,

υπολογιστική διαδικασία. Τέλος, η τέταρτη βαθμίδα αποτελείται από φόρμες κοινής απεικόνισης, που παρέχουν την θεμελίωση για την δόμηση κοινόχρηστων μοντέλων. Στην παρακάτω λίστα, εξηγούνται αναλυτικότερα οι τέσσερις βαθμίδες:



Σχήμα 6: Δομικά στοιχεία για την μοντελοποίηση της πληροφορίας (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

- **Μαθηματική Θεμελίωση:** Αποτελεί την πιο θεμελιώδη βαθμίδα. Με σκοπό να είναι επιτυχής σε όλες τις μεταγενέστερες λειτουργίες, κάθε μοντέλο ή λειτουργία πρέπει να βασίζεται μαθηματικά. Κάθε μαθηματική μορφή πρέπει να είναι ικανή και να συμφωνεί με τις πολλαπλές πτυχές της μοντελοποίησης της πληροφορίας, όπως το μηχανικό σχέδιο, ο υπολογιστικός έλεγχος, ο σχεδιασμός διαδικασίας, η βιομηχανοποίηση, η συναρμολόγηση, η επιθεώρηση, κλπ.
- **Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης:** Αποτελεί τη δεύτερη βαθμίδα. Στο CE, τα σχήματα μοντελοποίησης πρέπει να είναι ενιαία μέσα σε όλες τις πτυχές

του προϊόντος και της διαδικασίας σχεδιασμού. Τα σχήματα πρέπει να περιέχουν μια ενιαία δομή για να προσαρμόζονται τα διάφορα δεδομένα του προϊόντος λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία, υλικό, διαστάσεις, ανοχές, τοπολογία, μορφή χαρακτηριστικών, αναφορές, διοικητικές και τεχνικές σημειώσεις του. Ο αλγόριθμος πρέπει να ακολουθεί ελεύθερη απεικόνιση μαθηματικών.

- **Κοινή Πρότυπη Διαδικασία:** Αποτελεί την τρίτη βαθμίδα. Οι κοινές πρότυπες διαδικασίες ακολουθούν μια προσέγγιση σταθερής μοντελοποίησης για να παράγουν σχέδιο και ανάπτυξη χρησιμοποιώντας τις καλύτερες βιομηχανικές μεθόδους μέσα σε έναν ολόκληρο οργανισμό. Μια κοινή μεθοδολογία επιτρέπει την ολοκλήρωση και τη βελτιστοποίηση. Μη κοινές διαδικασίες που οδηγούνται από πολλαπλές μονάδες, εκτελούν όμοιες λειτουργίες αλλά κάτω από διαφορετικά ακρωνύμια. Προϋποθέσεις κοινών πρότυπων διαδικασιών όπως η μορφή των χαρακτηριστικών, τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και οι συμβολικές δομές μπορούν να παρέχουν ένα πλαίσιο ικανό να επιτρέψει την κοινοτυπία, συνοχή, διαλειτουργική επικοινωνία και εξάλειψη κάθε μορφή σπατάλης.
- **Φόρμες Κοινής Απεικόνισης:** Αποτελεί την τελευταία βαθμίδα. Για την δημιουργία ενός καλού μοντέλου, είναι απαραίτητη η απεικόνιση του σχήματος των ενοποιημένων δεδομένων για την οργάνωση όλων των δεδομένων του προϊόντος και για να υποστηρίξει τις αναπτύξεις του κύκλου ζωής του προϊόντος, όπως το σχέδιο του προϊόντος, ο σχεδιασμός διαδικασίας, ο σχεδιασμός παραγωγής, το μάρκετινγκ, το σέρβις και η διοίκηση. Κομμάτια, συναρμολογούμενα μέρη, αποθέματα (ανεπεξέργαστα υλικά) κλπ., πρέπει να περιγραφούν μέσω ενός κοινού συνόλου απεικονίσεων. Οι μορφές των οντοτήτων είναι ίδιες αλλά μπορεί να αποδίδουν διαφορετικές διεργασίες των μερών παίρνοντας διαφορετικές τιμές. Κάθε διεργασία παρέχει ένα εναλλακτικό σχέδιο. Οι ίδιες κοινές μορφές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να περιγράψουν τις διαδικασίες κατασκευής, συναρμολόγησης και επιθεώρησης.

Σε μια ρύθμιση του CE, η διαχείριση του προσωπικού χρειάζεται να είναι πιο προορατική για να οδηγήσει την κοινοτυπία και την συνεργασία με τις λειτουργικές μονάδες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια μεγάλη αλλαγή του λειτουργικού ρόλου μιας φόρμας κοινής απεικόνισης (όπως στο γεωμετρικό μοντέλο – από ένα εργαλείο απλής διατύπωσης σε ένα κοινό πληροφοριακό μοντέλο) η οποία κατανέμεται γεωγραφικά στα δίκτυα. Προφανώς, το τελευταίο επίπεδο της γεωμετρικής θεώρησης

μόνο, δεν είναι επαρκές να υποστηρίξει τις διάφορες δραστηριότητες του CE στη μοντέρνα βιομηχανοποίηση. Θα είναι πολύ επιθυμητή η απόκτηση των φυσικών και λογικών συνδέσμων ανάμεσα στις ατομικές δραστηριότητες του κύκλου του προϊόντος και έπειτα η κατανομή τους ώστε ο καθένας να είναι πρόσθετος και να υποστηρίζει ένα πολυσύνθετο δίκτυο που θα συλλογίζεται καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

3.1 Μαθηματική Θεμελίωση

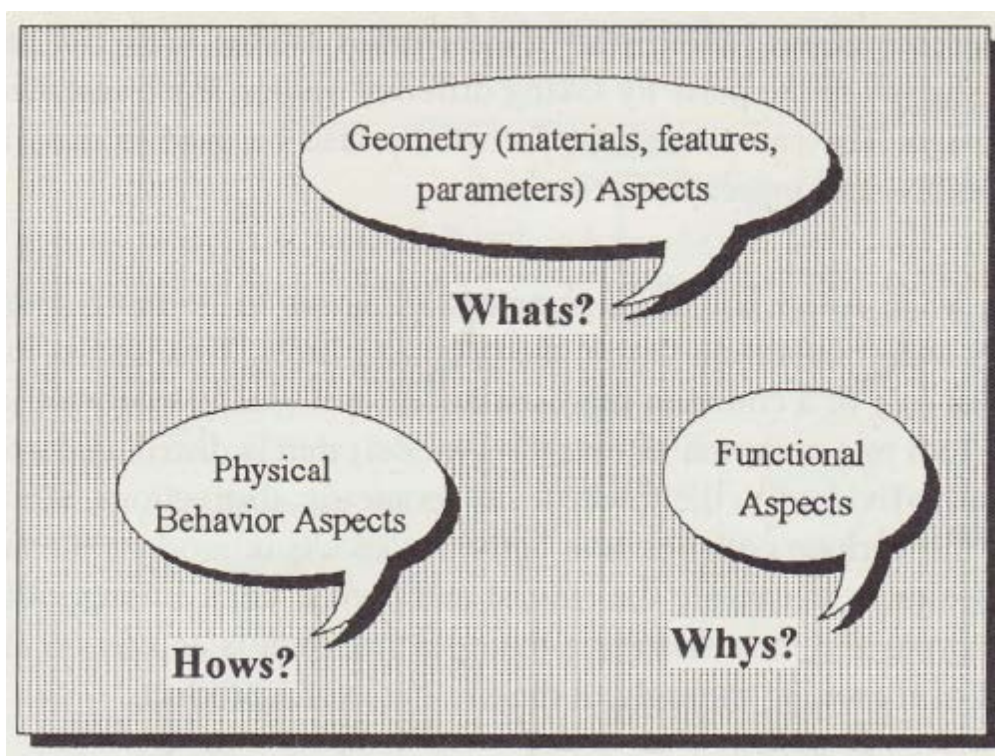
Απεικονίζοντας τα μοντέλα της συναρμολόγησης, υποσυναρμολόγησης και των συστατικών στοιχείων του προϊόντος με κάποια μαθηματική μορφή, παρέχεται μια σημαντική βάση για τη μελέτη της συμπεριφοράς του προϊόντος και πιθανή αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Οι μηχανικοί που σχεδιάζουν, μπορούν να χρησιμοποιήσουν τέτοια εργαλεία για να ελέγξουν εάν η συναρμολόγηση, τα συστατικά στοιχεία και η υποσυναρμολόγηση του σχεδίου εκτελείται σε συγχρονισμό με άλλα υποσυστατικά στοιχεία και άλλα υποσυστήματα του προϊόντος. Οι μαθηματικές μορφές παρέχουν τη βάση για τον αποτελεσματικό χειρισμό της αναπτυσσόμενης πολυπλοκότητας των σημερινών προϊόντων και για την βελτίωση κάθε συστατικού στοιχείου που σχετίζεται με όλο το προϊόν. Επίσης, με τη χρησιμότητα της γνώσης-βάσης, οι κρυφοί κίνδυνοι της παραδοσιακής «κόβω και προσπαθώ» μηχανολογίας αποφεύγονται με την ακολουθούμενη προσέγγιση.

Επιπροσθέτως, τα κομπιούτερ μοντέλα και γνώση – βάση, εξαλείφουν την ανάγκη για συνεχόμενη επανεκπαίδευση ή για αναπλήρωση γνώσης που χάνεται όταν οι εργαζόμενοι συνταξιοδοτούνται, παραιτούνται ή μεταφέρονται σε άλλες εργασίες. Η ιδιωτική γνώση – βάση συνεχώς αναπτύσσει την ικανότητα του καθενός και όταν κατάλληλα υπονομεύεται μπορεί να εμποδίσει τα επαναλαμβανόμενα λάθη σχεδιασμού κατά τη διάρκεια της IPD (Integrated Product Development) διαδικασία. Αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται για πολλά χρόνια στην αεροδιαστημική βιομηχανία. Κατά τη διάρκεια της εκτενούς πολυπλοκότητας των προϊόντων που κάποιος κατασκευάζει σήμερα, τα κομπιούτερ μοντέλα είναι σημαντικά στο να επαληθεύσουν το σχέδιο των προϋποθέσεων ικανότητας-X (DFX) πριν αρχίσει η δραστική παραγωγή.

3.2 Σχήματα Ενιαίας Μοντελοποίησης

Η απόκτηση μηχανολογικών αντικειμένων με τη βοήθεια της CAD γεωμετρίας ή στερεών μοντέλων που υπολογίζουν τις γεωμετρικές ιδιότητες, όπως ο όγκος , η

κατάσταση αδράνειας, η εμφάνιση κλπ., δεν είναι αρκετή για λειτουργικούς χειρισμούς. Τα μηχανολογικά αντικείμενα δεν καθορίζονται ολοκληρωτικά μέχρι να αποκτηθούν επίσης η φυσική συμπεριφορά και οι λειτουργικές πτυχές τους (επιπλέον της συνηθισμένης γεωμετρίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 7). Οι χειρισμοί των μηχανολογικών αντικειμένων χρειάζονται την απόκτηση πληροφοριών στις ακόλουθες τρεις πτυχές:



Σχήμα 7: Καθορισμός ενός μοντέλου ολοκληρωμένου προϊόντος (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

- **Η γεωμετρική πτυχή** περιλαμβάνει μια τρισδιάστατη στο χώρο απεικόνιση των κομματιών, συναρμολογούμενων μερών, αρθρώσεων, χαρακτηριστικών, κλπ. Ένα γεωμετρικό μοντέλο απαντάει στην ερώτηση «ποια είναι τα στοιχεία ενός τεχνουργήματος;» Ένα τεχνούργημα ή μηχανολογικό αντικείμενο μπορεί να αναλυθεί ιεραρχικά στα εξής στοιχεία: υποσύστημα, συστατικά στοιχεία, μέρη, υλικά, χαρακτηριστικά, παράμετροι, κλπ.
- **Η πτυχή της φυσικής συμπεριφοράς** περιλαμβάνει την περιγραφή ενός τεχνουργήματος βασιζόμενο στους φυσικούς νόμους και συμπεριφορά. Η συμπεριφορά ενός μοντέλου απαντάει στην ερώτηση «πως τα στοιχεία συμπεριφέρονται ανεξάρτητα ή μαζί σαν σύστημα;»
- **Η λειτουργική πτυχή** υπονομεύει την πρόθεση του σχεδίου, τον σκοπό, ένα σύνολο από λειτουργίες και χαρακτηριστικά ή στόχους των τεχνουργημάτων.

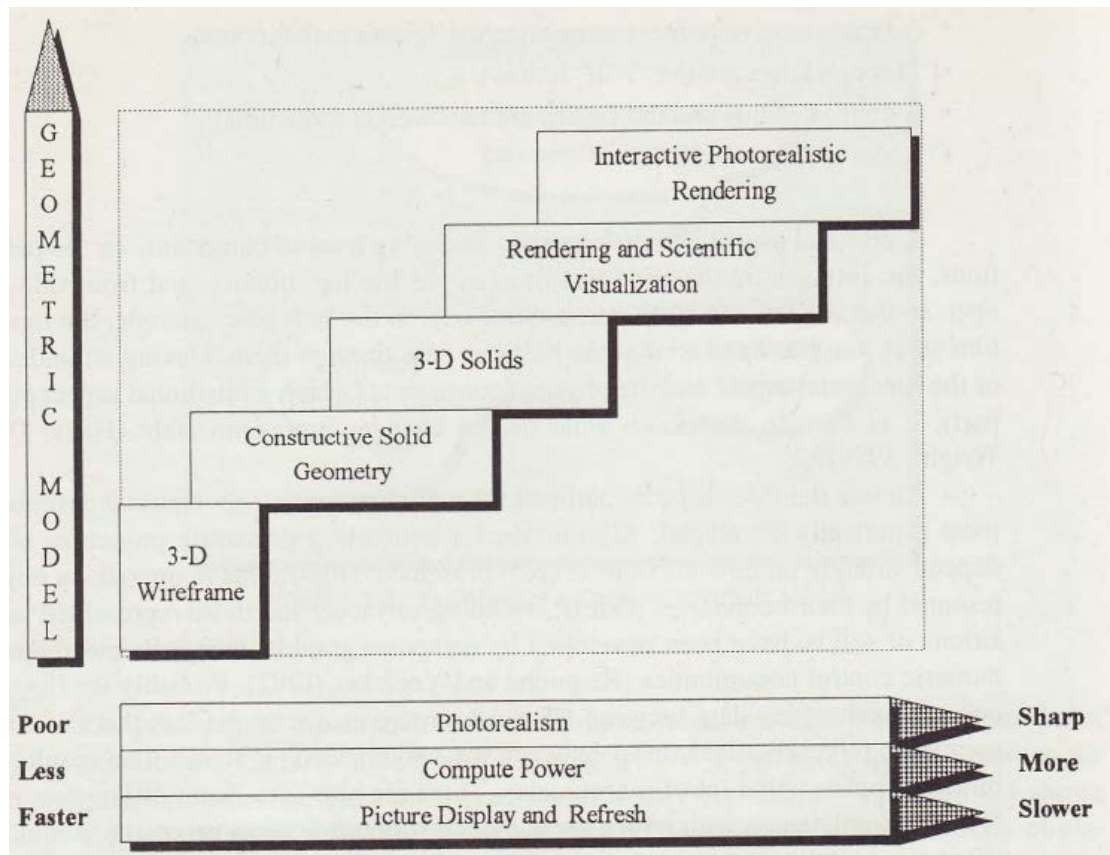
Απαντάει στην ερώτηση «γιατί η λειτουργία του τεχνουργήματος είναι όπως είναι;» Δυστυχώς, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (γραμμές, τόξα ή επιφάνειες) και λειτουργικές πτυχές είναι δύσκολο να αποκτηθούν με προγραμματισμό. Όμως, χωρίς τη λειτουργική γνώση που σχετίζεται με τα στοιχεία του σχεδίου (όπως η ύπαρξη χαρακτηριστικών), είναι δύσκολο να γίνουν προτάσεις συμμετρικού σχεδίου. Για παράδειγμα, ένα πρόγραμμα μπορεί να προτείνει να μετακινηθούν τα χαρακτηριστικά που χρειάζονται για την κατάλληλη λειτουργία της συσκευής ή μπορεί να προτείνει άλλες παρεμφερείς μη πρακτικές αλλαγές. Μπορεί να προτείνει να αντικατασταθεί ένα χαρακτηριστικό με ένα άλλο το οποίο είναι φθηνότερο στη παραγωγή αλλά έχει διαφορετικό σχήμα ή λειτουργία. Χωρίς την λειτουργική γνώση, είναι δύσκολο να καθοριστούν αν οι αλλαγές είναι σωστές.

Χρειαζόμαστε ένα μαθηματικό προσδιορισμό για ένα μοντέλο προϊόντος που θα ενώσει όλες τις διαδικασίες και τις πτυχές, που απεικονίζονται στους φυσικούς τομείς (το μοντέλο προϊόντος είναι μία από τις πέντε κατηγορίες μοντέλων του CE και περιγράφεται στο κεφάλαιο 4). Ένας τρόπος για την επίτευξη του μοντέλου προϊόντος είναι η ανάθεση μιας υψηλού επιπέδου λειτουργικής περιγραφής με χαρακτηριστικά όπως τα αισθητικά, η μείωση βάρους, η καθαρότητα, η ολισθηρότητα, η εφαρμογή, κλπ. για την βασική γεωμετρία. Παρακάτω παρατίθεται μία λίστα με παραδείγματα λειτουργικών περιγραφών που καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά:

- Μια μεγάλη κοίλη ακτίνα έχει μια επισυναπτόμενη λειτουργία «καθαρότητας».
- Διαμέσου των οπών υπάρχουν οι «οπές μπουλονιών».
- Μια κυρτή ακτίνα και οι γωνίες υπάρχουν για τη «μείωση του βάρους».
- Μια σχισμή υπάρχει για την εφαρμογή ολισθηρότητας.

Μια φυσική πτυχή απεικονίζεται υποβάλλοντας ένα σύνολο από περιορισμούς στις λειτουργίες του μέρους - κομματιού. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της εφαρμογής ολισθηρότητας της σχισμής, η πάνω, η κάτω και οι εμπρόσθιες πλευρές πρέπει να είναι ανοιχτές ώστε μια ράβδος να μπορεί να ολισθήσει στην σχισμή. Ομοίως, στη περίπτωση των οπών των μπουλονιών, οι πάνω και κάτω πλευρές πρέπει να είναι ανοιχτές ώστε το μπουλόνι να περάσει μέσα από αυτές. Κατέχοντας μια επεξήγηση της λειτουργικής πτυχής και των φυσικών περιορισμών (όπου μια φυσική πτυχή τοποθετείται στο μέρος-κομμάτι), είναι εύκολο να καθοριστούν ποιες αλλαγές στο σχέδιο είναι επιτρεπτές [Hays, Desa και Wright, 1989].

Μεταξύ των τριών πτυχών που σκιαγραφούνται για το μοντέλο ενός προϊόντος, ο γεωμετρικός προσδιορισμός είναι γενικά πιο ανεπτυγμένος. Οι αλγόριθμοι, για τον υπολογισμό των γεωμετρικών ιδιοτήτων των αντικειμένων, εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό με το πώς απεικονίζονται τα αντικείμενα. Αλγόριθμοι που λειτουργούν σε αντικείμενα που απεικονίζονται από τα όρια τους (συν-οριακές επιφάνειες τους) και σε αυτά που απεικονίζονται ως σύνθεση στερεών και έχουν αναπτυχθεί από κομπιούτερ γραφικά, συστήματα CAD και κοινότητες (communities) αριθμητικού ελέγχου [Requicha και Voelcker, 1982]. Πιθανώς, η μεγαλύτερη δυσκολία στην ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα στις ομάδες εργασίας του CE είναι ότι οι υποκινούμενες γεωμετρικές απεικονίσεις διαφέρουν μεταξύ των περισσότερων συστημάτων CAD. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν αστάθειες, ελαφροί κυματισμοί και πολλές ανακρίβειες. Επίσης, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον βαθμό αρτιότητας με τον οποίο αυτά τα μοντέλα απεικονίζουν ένα αντικείμενο. Η Requicha αναγνώρισε έξι σχηματικές μοντελοποιήσεις για την σαφή αναπαράσταση των στερεών [Requicha, 1980]. Ανάμεσα σε αυτές, η τρισδιάστατη προβολή ακμών (three-dimensional Wireframe), η αναπαράσταση ορίων (B-rep) και η κατασκευαστική γεωμετρία στερεών (Constructive Solid Geometry) είναι οι πιο διαδεδομένες. Κατά κανόνα, χρησιμοποιούνται για την εσωτερική αναπαράσταση σχημάτων στα περισσότερα εμπορικά συστήματα CAD. Στο Σχήμα 8 παρουσιάζεται μια εξέλιξη των γεωμετρικών μοντέλων από την απόδοση του φωτορεαλισμού, στις επιδόσεις του υπολογιστή, την παρουσίαση της εικόνας και την ανανέωση. Η τρισδιάστατη προβολή ακμών, η οποία είναι η πιο απλή μορφή ενός γεωμετρικού μοντέλου, είναι στο κάτω μέρος του Σχήμα 8: Κοινή εξέλιξη της γεωμετρικής μοντελοποίησης. Προσφέρει χαμηλού επιπέδου φωτορεαλισμό, αλλά χρειάζεται χαμηλές επιδόσεις υπολογιστή και προσφέρει γρήγορη παρουσίαση και ανανέωση εικόνας. Καθώς μετακινούμαστε από το τρισδιάστατο μοντέλο προβολής ακμών προς τα δεξιά, ο βαθμός των μονάδων αλλάζει. Για παράδειγμα, το μοντέλο CSG προσφέρει πιο ευδιάκριτο φωτορεαλισμό από το μοντέλο προβολής ακμών, τα τρισδιάστατα στερεά ακόμα καλύτερα από το CSG. Η φωτοαπόδοση και η επιστημονική οπτική απεικόνιση είναι ακόμα καλύτερες. Η διαδραστική φωτορεαλιστική απόδοση (Interactive Photorealistic Rendering) είναι η καλύτερη. Μια παρόμοια τάση συντελείται για τις δύο εναπομείναντες περιπτώσεις που είναι η ισχύς του υπολογιστή και παρουσίαση και ανανέωση εικόνας. Το IPR μοντέλο προσφέρει τον καλύτερο βαθμό φωτορεαλισμού, αλλά απαιτεί μεγάλη ισχύ υπολογιστή και έχει χαμηλή παρουσίαση και ανανέωση εικόνας.



Σχήμα 8: Κοινή εξέλιξη της γεωμετρικής μοντελοποίησης (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

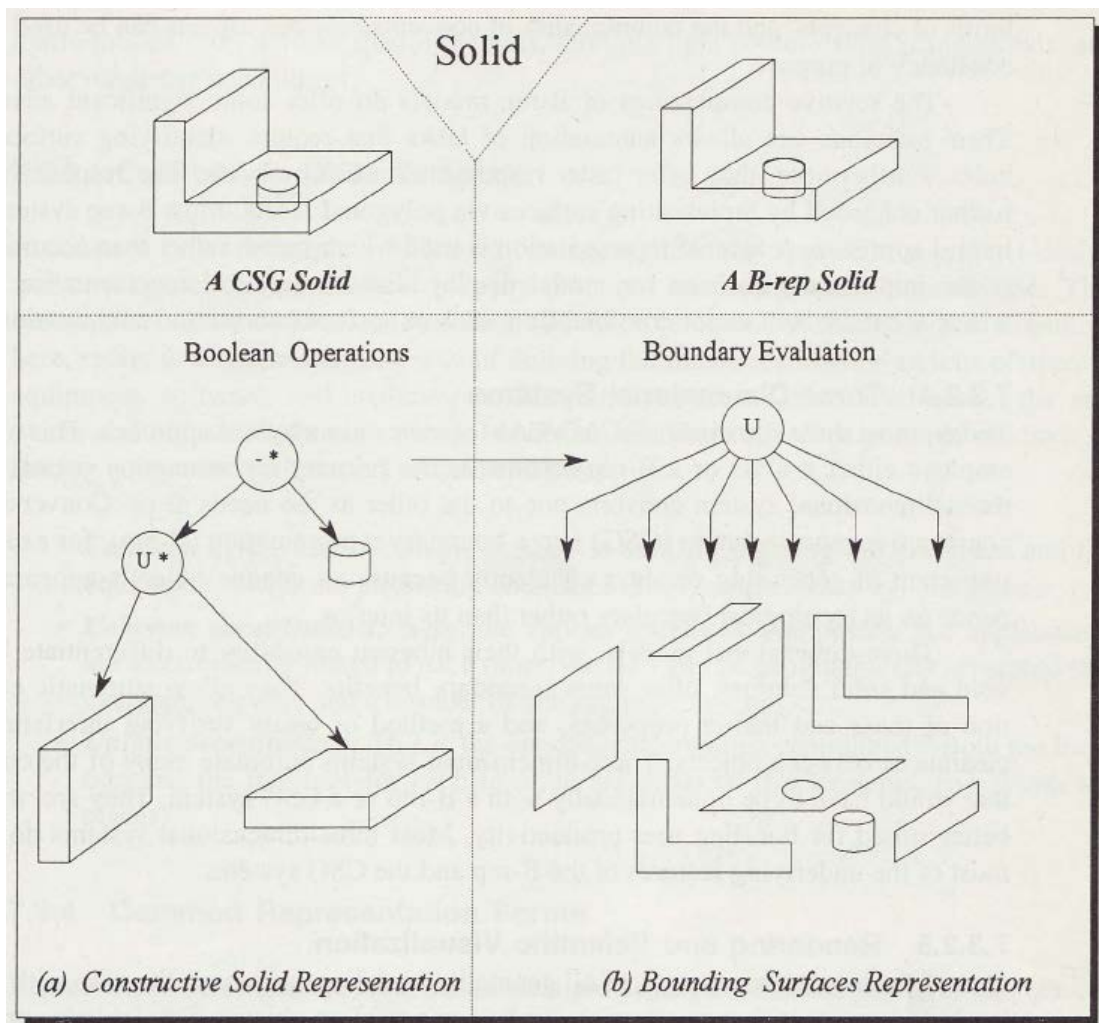
3.2.1 Τρισδιάστατη Προβολή Ακμών (3D Wireframe)

Μια τρισδιάστατη προβολή ακμών είναι ο απλούστερος τρόπος για τη δημιουργία μιας γεωμετρικής επιφάνειας. Αυτή η μέθοδος μοντελοποιεί το αντικείμενο διανύοντας μια τροχιά με προβολή ακμών – καταγράφοντας πρωτίστως τις ακμές και τις κορυφές σε μια βάση δεδομένων. Το αντικείμενο αναγνωρίζεται από μια σειρά u-v γραμμών, οι οποίες καλούνται ως προβολή ακμών και περικλείουν το αντικείμενο. Τα μοντέλα προβολής ακμών είναι διφορούμενα. Ένας χώρος που περικλείεται από προβολή ακμών μπορεί να απεικονίζει μια επιφάνεια ή μια οπή.

3.2.2 Κατασκευαστική Στερεή Γεωμετρία (CSG)

Το Σχήμα 9 παρουσιάζει δύο μεθόδους που απεικονίζουν στερεά. Η επιλογή της απεικόνισης μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την διευκόλυνση της μοντελοποίησης, ολοκλήρωσης και ελέγχου του σχεδίου μέσω του ίδιου συνόλου παραμέτρων. Ένα μοντέλο CSG, που το προϊόν βασίζεται σε αυτό, απεικονίζεται από ένα σύνολο εκφράσεων της θεωρητικής λογικής (Bool) στερεών σχημάτων. Συνήθως, τα στερεά σχήματα που χρησιμοποιούνται είναι κύβος, σφαίρα, κύλινδρος,

κώνος, κλπ. Νέα, περίπλοκα αντικείμενα κατασκευάζονται επιτρέποντας την πρόσθεση και την αφαίρεση – γεωμετρικοί χειρισμοί αντικειμένων χρησιμοποιώντας λογικές λειτουργίες (βλέπε Σχήμα 9: Δύο μέθοδοι απεικόνισης στερεών). Για παράδειγμα, ένας χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα νέο τρισδιάστατο αντικείμενο, όπως ένα κενό, αφαιρώντας μια σφαίρα από μια άλλη. Ως υποπροϊόν των λογικών λειτουργιών, μερικά συστήματα CSG μπορούν αυτόματα να υπολογίσουν τις ακμές και τις επιφάνειες του αντικειμένου που προκύπτει. Ωστόσο, είναι δύσκολο να παράγουμε περίπλοκα τρισδιάστατα στερεά χρησιμοποιώντας λογικά (Bool) σχήματα.



Σχήμα 9: Δύο μέθοδοι απεικόνισης στερεών (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

3.2.3 Αναπαράσταση Ορίων (B-rep) Στερεού

Στην B-rep, η γεωμετρία του αντικειμένου απεικονίζεται από επιφάνειες. Το αντικείμενο αναγνωρίζεται από τις επιφάνειες συνδέοντας τις εξωτερικές όψεις του

αντικειμένου. Συνήθως, χρειάζεται μια τρισδιάστατη προβολή ακμών για την κατασκευή των οριακών επιφανειών. Σε αντίθεση με την τρισδιάστατη προβολή ακμών, η B-ger μπορεί να κάνει διάκριση ανάμεσα σε μια δισδιάστατη σχισμή και μια πραγματική χαρακτηριστική μορφή στην επιφάνεια του αντικειμένου. Εντούτοις, όγκος που περικλείεται από ένα μοντέλο B-ger μπορεί να είναι άδειος ή κενός. Ο δημιουργός μιας επιφάνειας B-ger μπορεί να προσθέσει νοημοσύνη ή χαρακτηριστικά (σχισμές, οπές, επίπεδα φύλλα ή όγκους που σχεδιάζονται για την απεικόνιση του υλικού, κλπ.). Ως αποτέλεσμα, το μοντέλο μπορεί να ερμηνευτεί από άλλα προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούν το μοντέλο ως δεδομένο εισαγωγής. Αντίθετα, ένα στερεό μοντέλο CSG μπορεί να αφήσει λίγο χώρο για την προσθήκη της νοημοσύνης [Kinnucan, 1989].

Οι βασικές λειτουργίες μοντελοποίησης στερεού περιλαμβάνουν τοπικές τροποποιήσεις, γενικές λειτουργίες και αναιρετικές λειτουργίες. Είναι ευκολότερο να εφαρμόσουμε τοπικές λειτουργίες στην B-ger και γενικές λειτουργίες στην CSG. Δίνοντας της απαιτούμενη προσοχή στην αναίρεση, μια γενική λειτουργία στην CSG αναιρείται απλούστερα σε αντίθεση με την B-ger που αναιρείται δύσκολα. Από την άλλη μεριά, μια τοπική τροποποίηση αναιρείται πιο απλά στην B-ger από την CSG. Η ανάπτυξη ενός επεκτάσιμου συνόλου γενικών τρισδιάστατων εννοιών ικανών να απεικονίσουν μια ποικιλία από σχεδιαστικά αντικείμενα και περιορισμούς, είναι επίσης ζωτικής σημασίας. Οι τρισδιάστατες επινοήσεις μπορούν να επικαλύψουν, που αυτό σημαίνει ότι μπορεί να είναι περισσότερο από ένα σύνολο εννοιών για να περιγράψει ένα τμήμα του σχεδίου. Οι πτυχές ή όψεις των πτυχών, μπορούν να περιγραφούν αναφορικά με τις έννοιες και η κοινοτυπία των εννοιών ανάμεσα στις πτυχές μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία σταθερότητας και σκοπού.

Οι σχετικές πολυπλοκότητες των B-ger μοντέλων προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα. Η συνετή χρήση τους επιτρέπει την αυτοματοποίηση εργασιών που χρειάζονται για την αναγνώριση των επιφανειών από τις οπές. Επιπροσθέτως, προσφέρουν γρηγορότερη απόκριση από τα CSG μοντέλα. Η απόκριση ενισχύεται επιπλέον από την απεικόνιση επιφανειών μέσω πολυγωνικών εδρών. Τα περισσότερα B-ger συστήματα χρησιμοποιούν μια υβριδική προσέγγιση. Μια πολυεδρική απεικόνιση χρησιμοποιείται όπου η ταχύτητα, παρά η ακρίβεια, είναι πρωταρχικής σημασίας, όπως για την οπτική απεικόνιση μοντέλου. Ακριβής αναλυτική απεικόνιση χρησιμοποιείται όπου η ακρίβεια είναι μέγιστης σημασίας, όπως οι υπολογισμοί της επιφανειακής τομής.

3.2.4 Τρισδιάστατα Συστήματα

Σήμερα, τα περισσότερα τρισδιάστατα συστήματα CAD/CAM χρησιμοποιούν μια υβριδική προσέγγιση. Αυτή η προσέγγιση απασχολεί τις μεθόδους CSG και B-rep ως κύρια επιλογή αναπαράστασης, αλλά το τρισδιάστατο σύστημα μετατρέπει τη μια μέθοδο στην άλλη όταν προκύπτει ανάγκη. Η μετατροπή μιας κατασκευαστικής απεικόνισης (CSG) σε μια απεικόνιση ορίων (B-rep), για παράδειγμα, είναι σημαντική για την παραγωγή αποδοτικής οπτικής παρουσίασης, επειδή μια αδιαφανής εμφάνιση αντικειμένου εξαρτάται περισσότερο από την τοπολογία των ορίων του έναντι του εσωτερικού του χώρου.

Τα τρισδιάστατα μοντέλα, με την έμφυτη ικανότητα να διαφοροποιούν τους όγκους από στερεούς σε κενούς, προσφέρουν και δευτερεύοντα οφέλη. Επιτρέπουν ένα αυτοματοποιημένο υπολογισμό της μάζας, των ιδιοτήτων της αδράνειας και μιας μεθόδου που επαληθεύει εύκολα εάν στα αντικείμενα υπάρχει κάποια παρεμβολή ή απόσταση. Τα τρισδιάστατα συστήματα αυτοματοποιούν πολλά από τα κατασκευάσματα τα οποία θα μπορούσαν να έχουν γίνει χειροκίνητα με τα συστήματα CSG και B-rep. Επομένως, αποτελούν την καλύτερη επιλογή για να ενισχύουν την παραγωγικότητα των χρηστών. Τα περισσότερα τρισδιάστατα συστήματα εφαρμόζουν διαδικασίες που ξεπερνούν τα βασικά χαρακτηριστικά των συστημάτων B-rep και CSG.

3.2.5 Φωτοαπόδοση και Επιστημονική Οπτική Απεικόνιση

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα από όλα τα συστήματα γεωμετρικής μοντελοποίησης είναι η ευκολία με την οποία μια φωτοαπόδοση ή επιστημονική οπτική απεικόνιση μπορεί να μορφοποιηθεί πάνω στα αντικείμενα. Αυτό περιλαμβάνει την παραγωγή σκίασης με χρώματα, τρισδιάστατης φωτοαπόδοσης και υπολογισμός των διατομών της επιφάνειας και μετρήσεις όπως η κυρτότητα, εμβαδόν και όγκος. Τα μοντέλα που βασίζονται στην προβολή ακμών είναι γρηγορότερα στην απόδοση της οπτικής παρουσίασης και στην ανανέωση της. Σε τρισδιάστατα στερεά, οπτική παρουσίαση της σκίασης με χρώματα και η ανάλυση λειτουργιών υπολογίζονται διεξοδικά. Επομένως, τα τρισδιάστατα μοντέλα χρειάζονται υπολογιστή με μεγάλες επιδόσεις – ισχύ σε σχέση με τα συστήματα προβολής ακμών, για να επιτύχουν αποτελέσματα σε συγκρίσιμο χρόνο απόκρισης. Για την επιτάχυνση της απόδοσης της οπτικής παρουσίασης και του χρόνου ανανέωσης, πολλά συστήματα χρησιμοποιούν μια πολυεδρική προσέγγιση για την αναπαράσταση της επιφάνειας. Εσωτερικά, η επιφάνεια αναπαρίσταται με την χρήση

μιας ολόκληρης και ακριβής μαθηματικής μορφής, αλλά για τους σκοπούς της οπτικής παρουσίασης χρησιμοποιείται μια προσεγγιστική μορφή. Η μαθηματική αναπαράσταση και βάση δεδομένων παραμένουν αμετάβλητες. Τώρα πλέον, που οι υπολογιστές έχουν επιδόσεις – ισχύ που αυξάνονται ανάλογα με τις χρηματικές δαπάνες, η έμφαση έχει αλλάξει και δίνεται περισσότερο στις οπτικές ανέσεις σε σχέση με τον πραγματικό χρόνο απόκρισης.

3.2.6 Διαδραστική Φωτορεαλιστική Απόδοση

Η διαδραστική φωτορεαλιστική απόδοση (IRP) αποτελεί μια μεθοδολογία φωτοαπόδοσης η οποία συνδυάζει την διαδραστικότητα με τον αυξανόμενο φωτορεαλισμό. Η IRP προσφέρει άμεση οπτική ανάδραση για την τελειοποίηση λειτουργιών όπως ο χρωματισμός, η φωτεινότητα και να δοθεί υφή σε φωτορεαλιστικές εικόνες. Επίσης, παρέχει αυξανόμενο ρεαλισμό εικόνας μέσω εξομάλυνσης (anti-aliasing) υψηλής ποιότητας, επιλεκτική ακτινοχνηλάτηση (ray tracing: ισχυρή τεχνική ρεαλιστικής απόδοσης σκηνών τρισδιάστατων αντικειμένων που βασίζεται στην παρακολούθηση της πορείας των ακτινών φωτός μέσα σε μια τρισδιάστατη σκηνή), αυτόματη κίνηση θόλωσης (automatic motion blur), ποίκιλα αποτελέσματα σκίασης, αποτέλεσμα από πολλαπλές πηγές φωτός που δημιουργούν σκιά και άλλες δυνατότητες της φωτοαπόδοσης.

3.3 Πρότυπο Κοινής Διαδικασίας

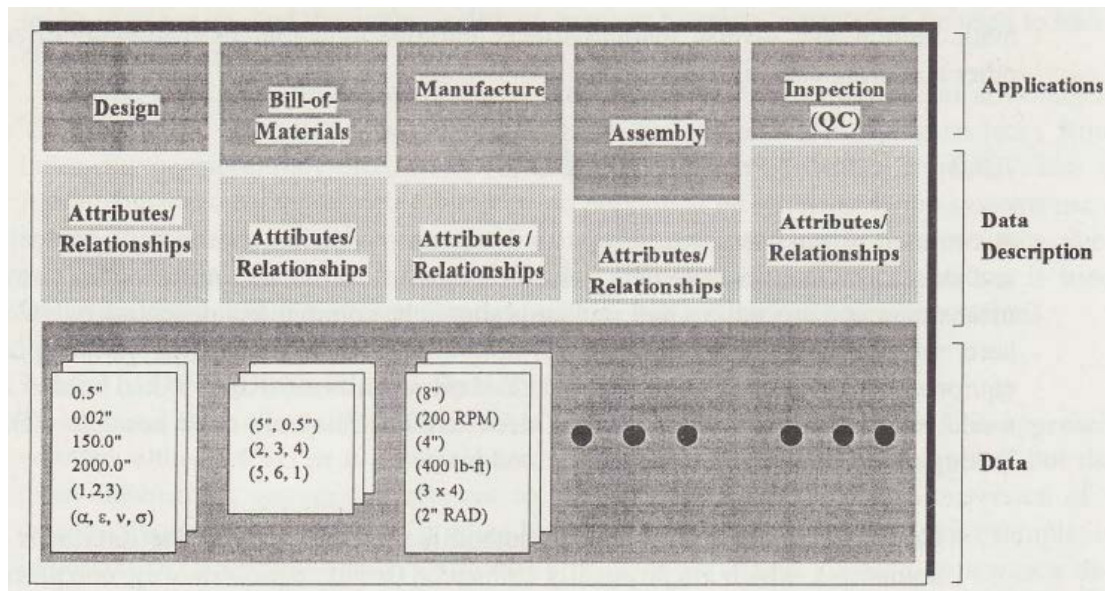
Ένα πρότυπο κοινής διαδικασίας ακολουθεί μια συνεπή προσέγγιση μοντελοποίησης για τον σχεδιασμό και ανάπτυξη του προϊόντος χρησιμοποιώντας τις καλύτερες βιομηχανικές μεθόδους για ολόκληρη την οργάνωση του. Αυτό σημαίνει ότι οι διασυνδετικές διαδικασίες και πρότυπα πρέπει να είναι κοινά αλλά και αποκεντρωμένα. Η λέξη κοινό αναφέρεται σε ένα μόνο πρότυπο τρόπο του καθορισμού της διασύνδεσης διαφόρων πλατφορμών, εξοπλισμού, λογισμικού και εφαρμογών. Η λέξη αποκεντρωμένο σημαίνει κατανεμημένο σε όλα τα δίκτυα και προσιτό στους απόμακρους σταθμούς εργασίας. Υπάρχουν τρεις πιθανές μέθοδοι του συνδετικού εξοπλισμού αναφορικά με το χρόνο και το μέρος:

- **Κοινό, συγκεντρωμένο:** Μία μόνο μέθοδος χρησιμοποιείται για τον καθορισμό των διασυνδετικών διατάξεων Η/Υ και του εξοπλισμού, που είναι φυσικά παραθεμένοι (π.χ. ένας τρόπος, ένα μέρος).

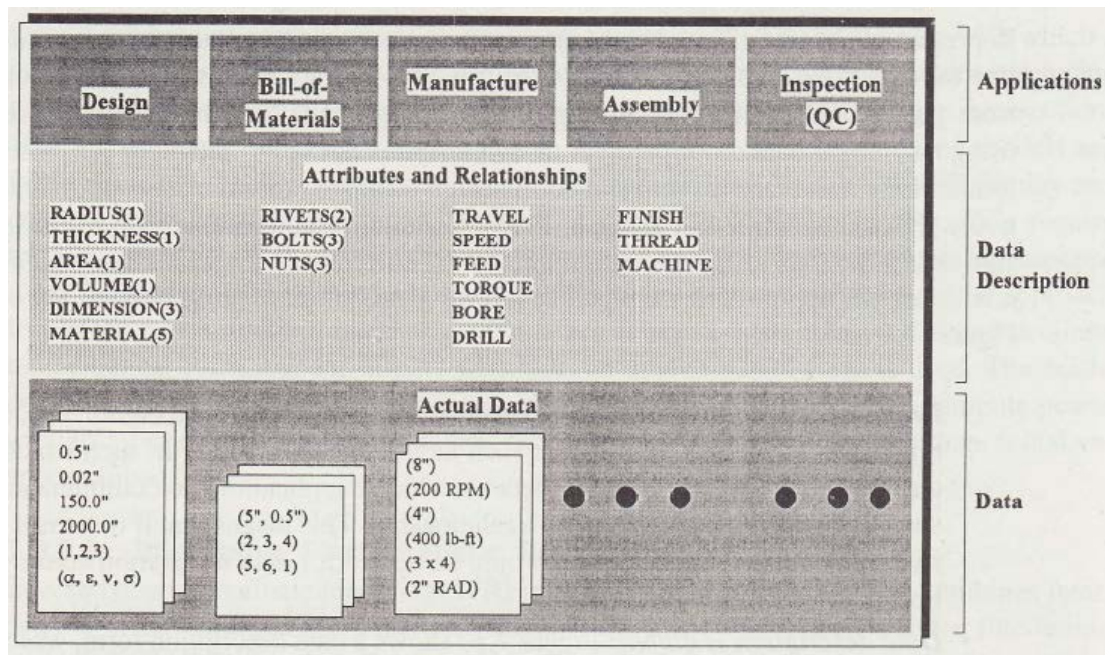
- **Κοινό, αποκεντρωμένο:** Εδώ, οι διασυνδετικές διατάξεις Η/Υ, ο εξοπλισμός και οι εφαρμογές είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένες, αλλά γεωγραφικά διασκορπισμένες (π.χ. ένας τρόπος, πολλά μέρη).
- **Μοναδικό, αποκεντρωμένο:** Είναι αντίθετη με την περίπτωση κοινό συγκεντρωμένο. Και η τοποθεσία αλλά και η διασυνδετική διάταξη Η/Υ για κάθε τοποθεσία είναι διαφορετικές (π.χ. πέντε τρόποι, δέκα μέρη).

3.4 Φόρμες Κοινής Απεικόνισης

Οι φορμαλισμοί (τυποκρατία) απεικόνισης, στους οποίους τα μοντέλα εκφράζονται, δεν είναι αρκετά δυνατοί εκτός εάν α) έχουν μια κοινή γερή δομή και β) απευθύνονται σε ένα φάσμα πτυχών από γενικές σε ειδικές. Για παράδειγμα, ένα γεωμετρικό μοντέλο μπορεί επαρκώς να περιγραφεί χρησιμοποιώντας μια κοινή περιγραφή δεδομένων. Μια περιγραφή δεδομένων διευκολύνει κατά γενική ομολογία στην αναγκαία ορολογία που χρησιμοποιούν οι ομάδες πολυχρηστικού σχεδίου για να επικοινωνούν και να λειτουργούν αποτελεσματικά [Prasad, Moenc, και Rangan, 1993]. Η απεικόνιση κοινών δεδομένων χρειάζεται για τον σχεδιασμό δομών δεδομένων ώστε να συντελείται ο χειρισμός τόσο των άμεσων αναγκών του CE, όσο και των αναγκών που θα εξελίσσονται σαν επιπρόσθετες ακολουθημένες ευκαιρίες. Δύο φόρμες απεικόνισης δεδομένων παρουσιάζονται στα Σχήμα 10 και Σχήμα 11:



Σχήμα 10: Περιγραφές δεδομένων (ιδιότητες/σχέσεις), τοπικές για κάθε εφαρμογή (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).



Σχήμα 11: Περιγραφές δεδομένων (ιδιότητες/σχέσεις), κοινές για όλες τις εφαρμογές (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

- **Η περιγραφή δεδομένων είναι τοπική για κάθε εφαρμογή:** Σε αυτή την περίπτωση (βλέπε Σχήμα 10), διαφορετικές φόρμες απεικόνισης χρησιμοποιούνται για κάθε ξεχωριστή εφαρμογή. Σε τέτοιες καταστάσεις, οι διασυνδετικοί προσδιορισμοί χρειάζονται ανάμεσα στις εφαρμογές, ώστε να επικοινωνεί η οντότητα, όπως μία ιδιότητα, ένα χαρακτηριστικό ή μία σχέση. Αυτό σημαίνει ότι εφόσον υπάρχει μια ανάγκη για το μοίρασμα κοινής «οντότητας», θα δημιουργηθεί η ανάγκη για ένταξη των δεδομένων στις εφαρμογές.
- **Η περιγραφή δεδομένων είναι κοινή:** Το Σχήμα 11 παρουσιάζει μια μορφή περιγραφής δεδομένων, η οποία είναι ομοιόμορφη (έχει κοινή απεικόνιση) για όλες τις εφαρμογές. Δίνοντας προσοχή στις διαχωριστικές γραμμές (Σχήμα 10) που ξεχωρίζουν τις ιδιότητες/σχέσεις από τις εφαρμογές, βλέπουμε πως έχουν εξαλείψει στο Σχήμα 11 Σε αυτή την περίπτωση, καμία μετάφραση δεδομένων δεν είναι αναγκαία για να επικοινωνούν οι εφαρμογές. Η πρόσβαση στα δεδομένα περιγραφής οντοτήτων (ιδιότητες/σχέσεις) είναι διαθέσιμη μέσω της βάσης δεδομένων των χρησιμότητων για όλες τις εφαρμογές που θα πραγματοποιηθούν.

Ένας τρόπος για την μοντελοποίηση ενός μέρους μιας συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η χρησιμοποίηση μιας βιβλιοθήκης γενικών απεικονίσεων και χαρακτηριστικών [Curran, 1994]. Εάν, για παράδειγμα, ο σχεδιαστής χρειάζεται

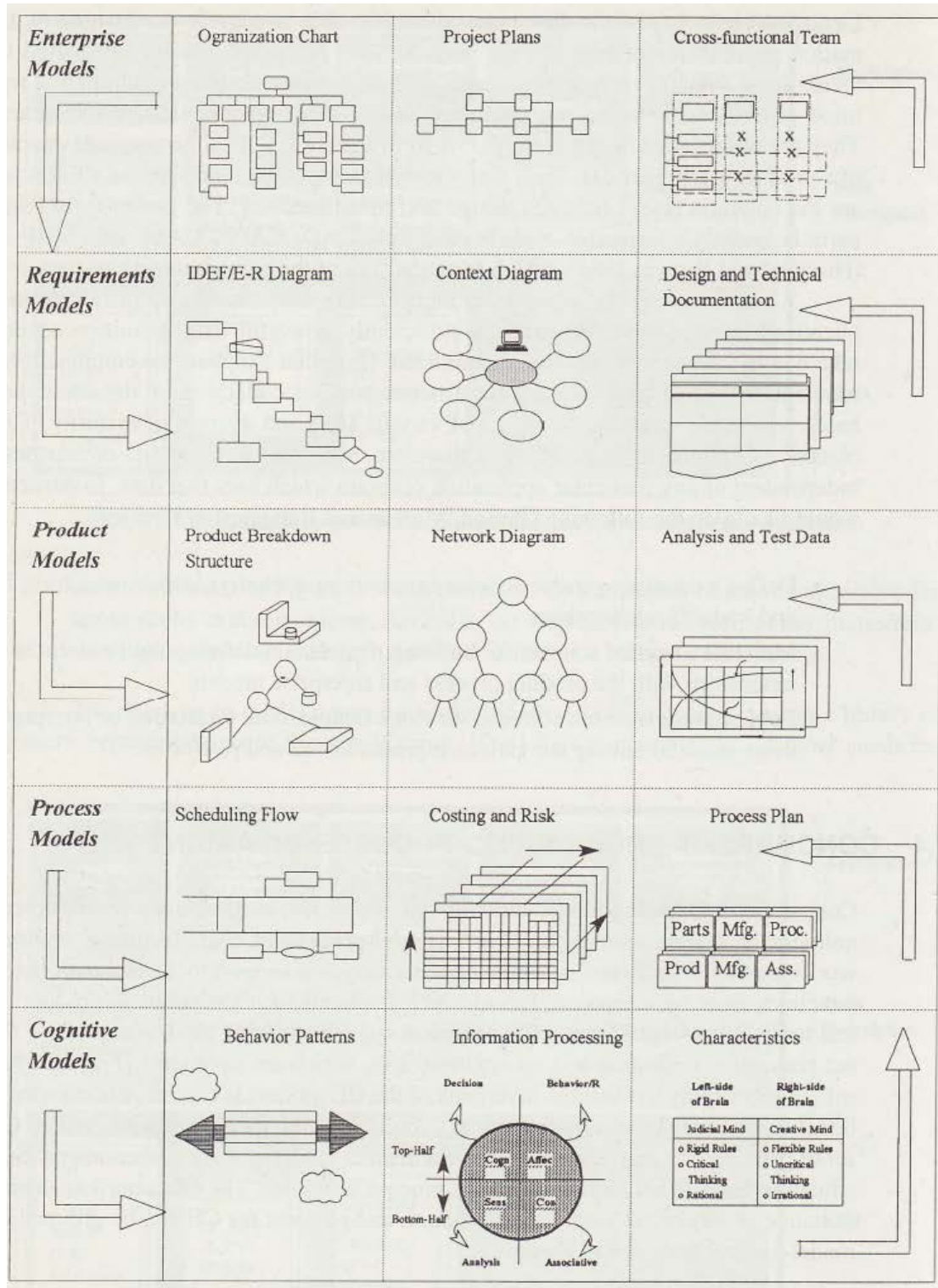
πληροφορίες που αφορούν τους κρίσιμους τρόπους, το σύστημα θα πρέπει να είναι ικανό να παρέχει στον σχεδιαστή πληροφορίες σχετικά με τους διαφορετικούς κρίσιμους τρόπους και τις διαδικασίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να συντελεστούν. Μερικά συστήματα περιλαμβάνουν εντολές που δημιουργούν οικογένειες γεωμετρικών χαρακτηριστικών βιομηχανοποιημένων προϊόντων, όπως οι ύβοι, πλαγιοτομές, οπές, οπές με διευρυμένη διάμετρο επιφάνειας και αντίθετες οπές. Συχνά αναφέρονται και ως χαρακτηριστικά μορφής. Ένα χαρακτηριστικό μορφής είναι ένα τοπικό γεωμετρικό χαρακτηριστικό ενός προϊόντος με υψηλότερο επίπεδο δεδομένων σε σχέση με τις επιφάνειες, ακμές και γωνίες. Τα χαρακτηριστικά μορφής αποτελούν την κοινή γραμμή ανάμεσα στο σχεδιασμό και την κατασκευή. Η χρήση των χαρακτηριστικών μορφής σε μέρη (κομμάτια) είναι απόλυτα συμβατή με τα CAD, CAPP, CAM και MRP συστήματα [Hummel και Brown, 1989], τα οποία μορφοποιούν τον πυρήνα του βιομηχανοποιημένου συστήματος.

Ένα απλό, μονολιθικό, πληροφοριακό, μοντελοποιημένο περιβάλλον θα μπορούσε να απλοποιήσει την ανάπτυξη του συστήματος και των εφαρμογών. Εντούτοις, ένα αρκετά ισχυρό σχέδιο προσδιορισμού δεδομένων μπορεί να διαρκέσει από πέντε έως δέκα χρόνια για να τυποποιηθεί. Μέχρι να συμβεί αυτό, το υπολογιστικό περιβάλλον θα παραμείνει πιθανώς μια ετερογενής συλλογή επίπεδων αρχείων, δίσκων βάσης δεδομένων και προσανατολισμένων αντικειμένων βάσης δεδομένων διαφόρων μεγεθών και βαθμών ωριμότητας. Το μέγιστο αντικείμενο της μοντελοποίησης της πληροφορίας είναι επομένως ο καθορισμός της σημασίας των προσδιορισμένων δεδομένων ανεξαρτήτων από οποιοδήποτε συγκεκριμένο πρόγραμμα εφαρμογής που χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα. Συγκεκριμένα, μπορούν να εφαρμοστούν τα παρακάτω [Prasad, Morenc και Rangan, 1993]:

- Καθορισμός ενός κοινού γενικού σχεδίου που θα εκφράζει παραμέτρους, περιορισμούς, μορφές χαρακτηριστικών και ανταλλαγή σχέσεων.
- Συντήρηση ενός ενιαίου σχεδίου για το χτίσιμο μοντέλων και καθορισμός των επιχειρηματικών συσχετίσεων με την διαδικασία του προϊόντος και τα επιχειρηματικά μοντέλα.
- Δημοσίευση και κατανομή μετατροπών (για παράδειγμα, μετάφραση ή ερμηνεία δεδομένων σε αυτά τα μοντέλα) ανάμεσα στις διάφορες απεικονίσεις και πλατφόρμες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΤΟΥ CE

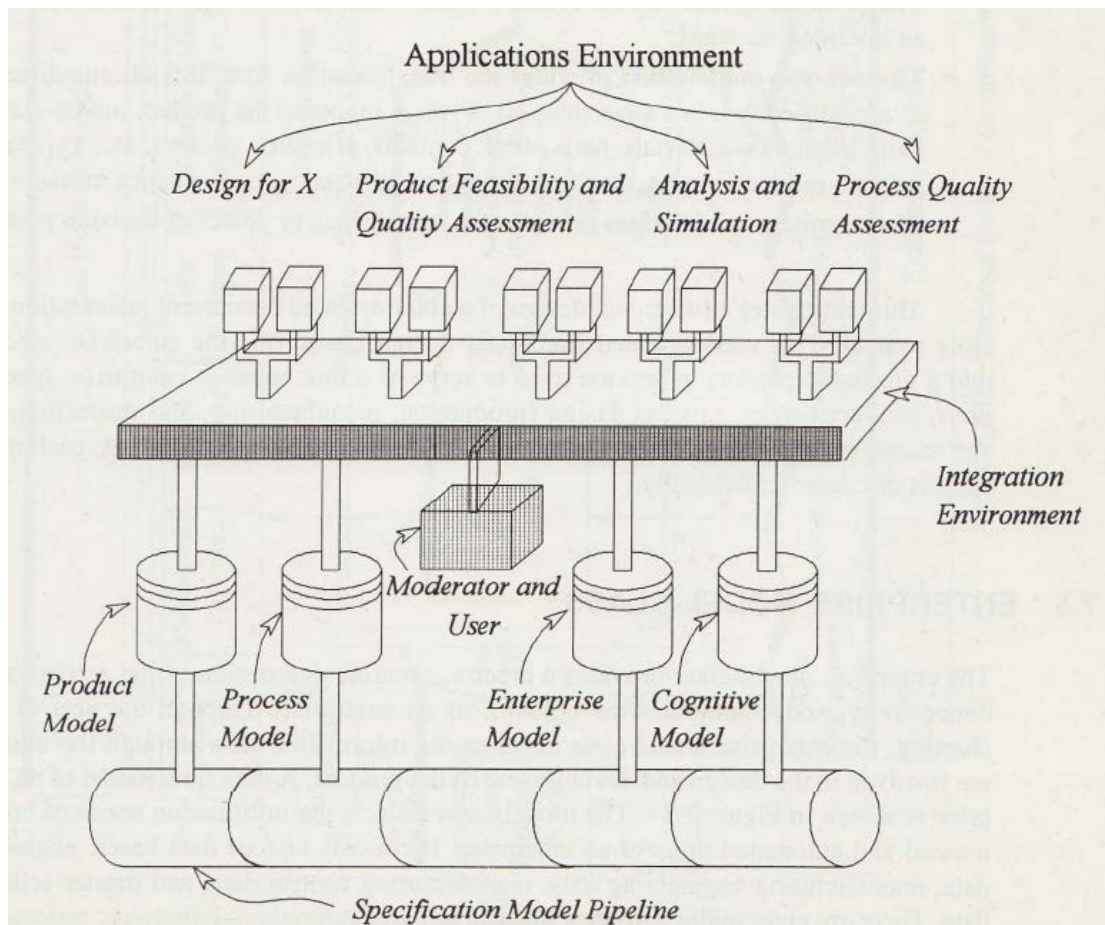
Το CE εξελίσσεται μέσα σε μια ενιαία μεθοδολογία, όπου οι διαφόρων ειδών τεχνολογίες σχεδιασμού, η επιστήμη των υλικών, η επεξεργασία των υλικών, η κατασκευή, τα δίκτυα υπολογιστών, τα λογισμικά υπολογιστών, τα συστήματα βάσης δεδομένων, τα εργαλεία υποστήριξης αποφάσεων και η συνεργασία ανθρώπου – μηχανής πρέπει να είναι ολοκληρωμένες. Με σκοπό την παροχή όλων αυτών των παραλλαγών στο προϊόν, την διαδικασία και τα εργαλεία, είναι στοιχειώδες ότι η διαδικασία του CE εστιάζει στην απόκτηση των κρίσιμων πτυχών (κλειδιών) του προσδιορισμού της υλοποίησης του προϊόντος και του περιβάλλοντος του, που είναι οι κατηγορίες [Prasad, 1996]. Ο ρόλος της αναγνώρισης των διάφορων κατηγοριών της CE διαδικασίας είναι ζωτικής σημασίας στην επίτευξη των οφελών του CE. Ένας τρόπος για αυτή την επίτευξη είναι να γίνει διαχωρισμός ή κατηγοριοποίηση ολόκληρου του τομέα του CE με την δημιουργία προτύπων ή μοντέλων, που αποκτούν μια ξεκάθαρη πτυχή του CE φαινομένου. Μια τέτοια κατηγοριοποίηση οδηγεί σε ένα κοινό σύνολο πρότυπων διαδικασιών του CE. Ο χαρακτηρισμός και η αναπαράσταση αυτών των μοντέλων σε μηχανολογικά προϊόντα και συστήματα μπορούν να συγκεντρωθούν σε πέντε κατηγορίες μοντέλων όπως φαίνεται στο Σχήμα 12:



Σχήμα 12: Κατηγοριοποίηση της μοντελοποίησης της πληροφορίας: Μερικά σημαντικά παραδείγματα (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

- Επιχειρηματικό μοντέλο
- Μοντέλο προδιαγραφής
- Μοντέλο προϊόντος

- Μοντέλο διαδικασίας
- Νοητικό μοντέλο

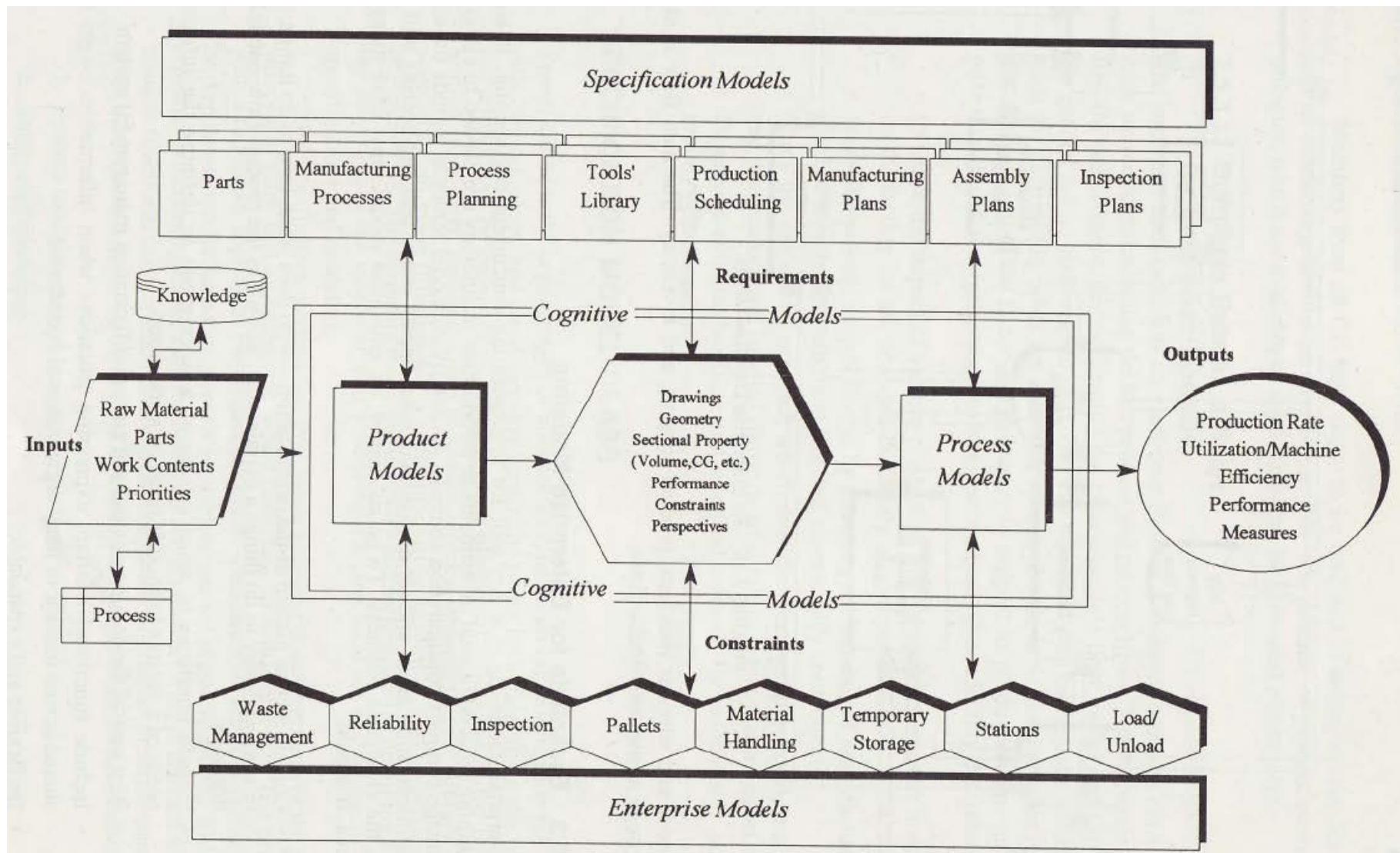


Σχήμα 13: Δομή ενός προσανατολισμένου μοντέλου CE συστήματος (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

Τυπικά παραδείγματα που ανήκουν σε κάθε μοντέλο (κατηγορία) παρουσιάζονται στο Σχήμα 12. Για παράδειγμα, οργανωτικά διαγράμματα, σχέδια εργασιών και διαλειτουργικές ομάδες πέφτουν σε ένα επιχειρηματικό μοντέλο. Η συνυπεύθυνη δομή ενός προσανατολισμένου μοντέλου του CE συστήματος παρουσιάζεται στο Σχήμα 13. Χρησιμοποιεί τα πέντε προαναφερθέντα μοντέλα για να θεμελιωθεί. Το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ένας αγωγός που επεκτείνεται (ή συνδέεται) με τις άλλες τέσσερις εναπομείναντες κατηγορίες μοντέλων. Ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον, με τη σειρά του, τα συνδέει με έναν αριθμό περιβαλλόντων εφαρμογής. Παραδείγματα ενός περιβάλλοντος εφαρμογής μπορούν να περιλαμβάνουν το σχέδιο X-ικανότητας (όπου η X-ικανότητα μπορεί να είναι η ικανότητα κατασκευής, η συναρμολόγηση, η ευκαμψία, η αξιοπιστία, η απλότητα, η ποιότητα, κλπ.), τη δυνατότητα υλοποίησης του προϊόντος, την αξιολόγηση

ποιότητας, την ανάλυση ή προσομοίωση και τη διαδικασία αξιολόγησης της ποιότητας. Ο συντονιστής ή ο χρήστης, που εμφανίζεται στο κέντρο του Σχήματος 13, εξασφαλίζει ότι η διαδικασία υλοποίησης του εξελισσόμενου προϊόντος εξετάζει τις διαφορετικές αξίες και αξιολογήσεις του κύκλου ζωής, απεικονιζόμενες στο περιβάλλον εφαρμογής. Η δομή είναι τέτοια ώστε κάθε αριθμός περιβαλλόντων εφαρμογής μπορεί να συνδεθεί και να υποστηριχθεί εικονικά. Οι πέντε κατηγορίες του CE δίνουν έμφαση στο κεντρικό ρόλο που παίζει η μοντελοποίηση όσον αφορά τη διαδικασία υλοποίησης του προϊόντος. Οι μηχανικοί του CE μπορούν συνεχώς να χρησιμοποιούν αυτή την προσέγγιση για να αποκτούν, να συλλογίζονται και να συγκροτούν τους διαφορετικούς τύπους πληροφορίας που χρειάζονται για να υλοποιήσουν το προϊόν. Ο καταμερισμός της πληροφορίας στα πέντε μοντέλα και στα περιεχόμενα τους αναφέρεται παρακάτω.

Το Σχήμα 14 παρουσιάζει τις σχέσεις μεταξύ των πέντε μοντέλων:



Σχήμα 14: Λειτουργικό σχέδιο ενός συστήματος μοντελοποίησης νοημοσύνης (Biren Prasad. 1996. Concurrent Engineering Fundamentals).

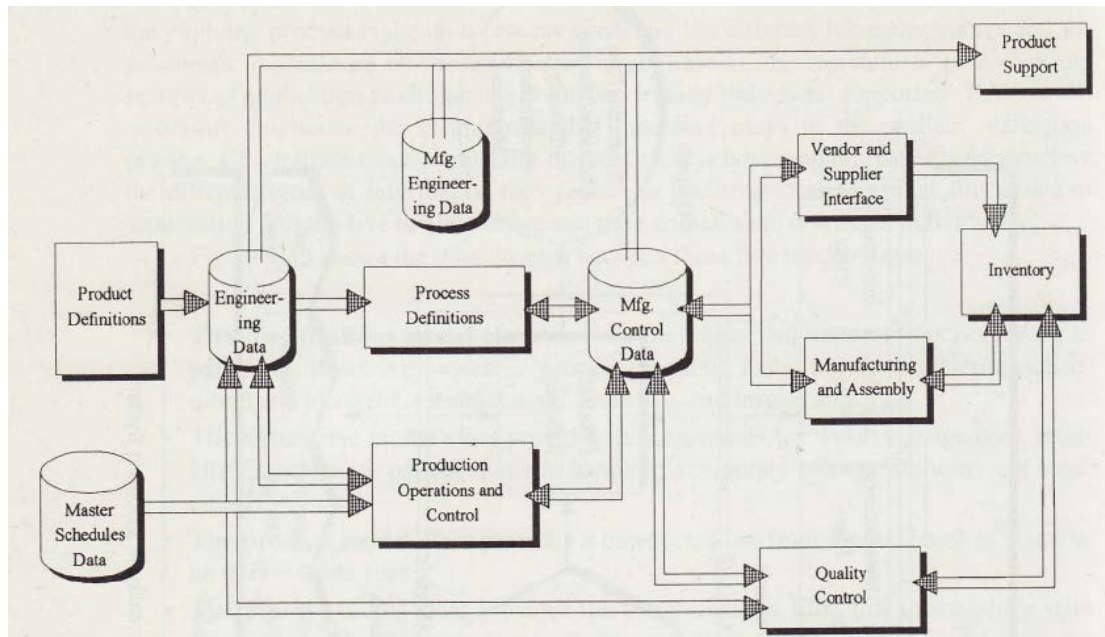
- **Το μοντέλο προδιαγραφών** παρέχει τα δεδομένα εισόδου και τις προϋποθέσεις που αναφέρονται σε μέρη, διαδικασία κατασκευής, διαδικασία σχεδιασμού, βιβλιοθήκη εργαλείων, χρονοπρογραμματισμός παραγωγής και σχεδιασμός για κατασκευή, συναρμολόγηση και επιθεώρηση.
- **Το επιχειρηματικό μοντέλο** παρέχει τους περιορισμούς για άσκοπη διοίκηση, αξιοπιστία, επιθεώρηση, παλέτες, χειρισμός υλικού, προσωρινή αποθήκευση, σταθμοί και φόρτωση/εκφόρτωση.
- **Το μοντέλο προϊόντος** παρέχει έναν μετασχηματισμό από τα δεδομένα εισόδου (κατάσταση γραμμής βάσης) σε μια ενδιάμεση κατάσταση.
- **Το μοντέλο διαδικασίας** παρέχει τον μετασχηματισμό από την ενδιάμεση κατάσταση σε μια μεταβαλλόμενη κατάσταση βασικής γραμμής (δεδομένα εξόδου). Τυπικά δεδομένα του μοντέλου τάξης του προϊόντος είναι η γνώση, τα ακατέργαστα υλικά, τα κομμάτια, τα περιεχόμενα εργασίας, οι προτεραιότητες, η διαδικασία, κλπ. Τυπικά δεδομένα εξόδου αποτελούν το ποσοστό παραγωγής, η χρήση μηχανής, η αποδοτικότητα, το μέτρο απόδοσης, κλπ.
- **Το νοητικό μοντέλο** παρέχει την νοημοσύνη ή τη δύναμη να παρθεί μια απόφαση.

Αυτό αποτελεί ένα λειτουργικό σχέδιο ενός προσανατολισμένης κατηγορίας concurrent (ταυτόχρονου) συστήματος μοντελοποίησης της πληροφορίας. Αυτό το προσανατολισμένης κατηγορίας λειτουργικό σχέδιο μετατρέπει τους επιχειρηματικούς πόρους σε ένα επικερδές προϊόν ή υπηρεσία, έτσι ώστε να εξυπηρετεί μια αλυσίδα μεταξύ επιχείρησης, προδιαγραφών, σχεδίου προϊόντος, σχεδιασμού διαδικασίας (παραγωγή, βιομηχανοποίηση, επιθεώρηση, κλπ.), και ομάδων (νοητική συμπεριφορά – βλέπε Σχήμα 13).

4.1 Επιχειρηματικό Μοντέλο

Το επιχειρηματικό μοντέλο παρέχει μια σαφή και ακριβή περιγραφή των ενεργειών, της συνδεσιμότητας δεδομένων και δικτύου επικοινωνίας μιας επιχείρησης. Μέσω ενός διαγράμματος ροής, το επιχειρηματικό μοντέλο απόκτα την ροή της πληροφορίας μέσω εμπλεκόμενων μονάδων με το σχέδιο και την ανάπτυξη του προϊόντος. Ένα μοντέλο ροής δεδομένων μιας επιχείρησης παρουσιάζεται στο Σχήμα 15. Το μοντέλο αντανακλά της ανάγκης της πληροφορίας τόσο των χειροκίνητων όσο και των αυτοματοποιημένων μονάδων μιας επιχείρησης.

Αποτελείται από τέσσερις βάσεις δεδομένων: μηχανικά δεδομένα, κατασκευαστικά μηχανικά δεδομένα, κατασκευαστικά δεδομένα ελέγχου και κύρια δεδομένα χρονοπρογραμματισμού. Υπάρχουν οχτώ βασικές ενέργειες που τρέχουν παράλληλα: προσδιορισμοί προϊόντος, προσδιορισμοί διαδικασίας, εφαρμογές και έλεγχος προϊόντος, κατασκευή και συναρμολόγηση, έλεγχος ποιότητας, διεπαφή πωλητή προμηθευτή, υποστήριξη προϊόντος και απόθεμα. Η ροή δεδομένων παρουσιάζεται μέσω βελών και διπλών γραμμών.



Σχήμα 15: Ένα επιχειρησιακό μοντέλο ροής δεδομένων (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

4.1.1 Βασικά Χαρακτηριστικά Μοντελοποίησης Επιχείρησης

Η μοντελοποίηση επιχείρησης αποτελεί ένα εργαλείο κλειδί για την εφαρμογή του CE. Βοηθάει στον σχεδιασμό επιπλέον επενδύσεων στην τεχνολογία πληροφορίας που χρειάζονται, έτσι ώστε οι πολύπλοκες παράμετροι ελέγχου να διαχειρισθούν αποτελεσματικά. Ένα μοντέλο επιχείρησης εξυπηρετεί ως οδηγός για τον προσδιορισμό πληροφοριών που χρειάζονται και για τον καθορισμό της επίπτωσης που θα έχει το CE στην εργασία της επιχείρησης. Για να είναι επιτυχές ένα επιχειρηματικό μοντέλο πρέπει να έχει πολλά χαρακτηριστικά. Θα πρέπει:

- Να εμπεριέχει μια καθαρή εικόνα για την οργάνωση – ποιος κάνει τι, πώς να εκτελεστούν οι εργασίες, πότε να ξεκινήσουν και γιατί να εκτελεστούν αυτές οι

εργασίες με τον συγκεκριμένο τρόπο, καθώς επίσης και μια διαδικασία ροής αν ακολουθείται κανονικά.

- Να περιλαμβάνει διεπαφές που θα βοηθήσουν μια ομάδα εργασίας να προσδιορίσει τις ανάγκες της πληροφορίας μιας εργασίας σε μια άλλη ομάδα.
- Να είναι ένα μέρος της επικοινωνίας και ελέγχου της πληροφορίας του συστήματος διαχείρισης.
- Να περιλαμβάνει λειτουργική αλληλοεπικάλυψη, που θα εκφράζεται σε καταστάσεις όταν η πληροφορία θα έπρεπε να μοιράζεται δια μέσου ασαφών και συγκεχυμένων οργανωτικών ορίων.
- Να είναι ευέλικτη και επεκτάσιμη.

Μέλη από όλες τις μονάδες του CE θα έπρεπε να εμπλέκονται στη δημιουργία της «να είναι» διαδικασίας και στη διεύθυνση των περιόδων διευκόλυνσης, έτσι ώστε το νέο προϊόν ή οι μέθοδοι ή τεχνολογίες της διαδικασίας, που είναι διαθέσιμες και εφαρμόσιμες, να μπορούν να χαλιναγωγηθούν αποτελεσματικά.

4.1.1.1 Υποκατάστατα Δεδομένα ως Βάση για την Μοντελοποίηση Επιχείρησης

Τα υποκατάστατα δεδομένα (τα οποία είναι μια ηλεκτρονική μορφή μιας τεχνικής μνήμης) αποτελούν μια αχανή πηγή γνώσης για την εδραίωση των μεγεθών του προϊόντος και της διαδικασίας. Τα υποκατάστατα δεδομένα μπορούν να προσδιορίσουν τις προϋποθέσεις που χρειάζονται για την ανάπτυξη του μοντέλου ροής δεδομένων της επιχείρησης και για τον καθορισμό του απαιτούμενου χώρου, προσωπικού, κόστους κεφαλαίου, κλπ. Τα υποκατάστατα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σε μια πραγματική βάση για τον καθορισμό του πως πρέπει να μοιάζει το σύστημα συναρμολόγησης και ποιος τύπος εφοδιαστικής υποστήριξης, μέσα στο εργοστάσιο, είναι αναγκαίος για να υποστηρίξει το ρυθμό της γραμμής παραγωγής του προϊόντος του. Ένα επιχειρηματικό μοντέλο με υποκατάστατα δεδομένα παρέχει μια γερή βάση για τον απολογισμό των παρακάτω μελετών:

- Εκτίμησε την επίπτωση των διαφόρων ρυθμών γραμμής παραγωγής και των διαφόρων επιπέδων αποθέματος για την διευκόλυνση όλων των συστατικών μερών ή μιας συγκεκριμένης οικογένειας τους.
- Μελέτησε την διάταξη της διαδικασίας του συστήματος, αλλάζοντας τους αριθμούς των κατασκευαστικών σταθμών και τα μήκη των γραμμών για τη κύρια γραμμή και τα υποσυναρμολογούμενα συστατικά μέρη.

- Μελέτησε την ποσότητα του υλικού, η οποία πρέπει να ληφθεί, επεξεργασθεί, αποθηκευθεί (εφεδρική ποσότητα και γραμμή αποθεμάτων) και χειριστεί (μέσω της έννοιας: «σύστημα μεταφοράς υλικού»).
- Καθόρισε τον χειρισμό του υλικού και τις μεθόδους της γραμμής τροφοδότησης για τις αυτοματοποιημένες ή χειροκίνητες λειτουργίες συναρμολόγησης.

4.2 Μοντέλο Προδιαγραφής

Η προδιαγραφή είναι η οργάνωση ή καταχώρηση της εισερχόμενης πληροφορίας μέσα σε ένα σύνολο εισερχόμενων στοιχείων, προϋποθέσεων και περιορισμών. Ένας περιορισμός αποτελεί την οριοθέτηση του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ένα τεχνούργημα θα εκτίθεται. Τα στοιχεία της προδιαγραφής αναγνωρίζουν της ροή της πληροφορίας από μέρη, κατασκευαστικές διαδικασίες, σχεδιασμό διαδικασίας, εργαλεία βιβλιοθήκης, χρονοπρογραμματισμό παραγωγής, σε διαφορετικά πλάνα – κατασκευή, συναρμολόγηση και επιθεώρηση όπως φαίνεται στο Σχήμα 14. Τα στοιχεία εστιάζουν σε διαδικασίες και τεχνικές για την λήψη και μετάφραση της φωνής του καταναλωτή, παράγοντας ένα ιεραρχικό σύνολο σχεδιαστικών, λειτουργικών προδιαγραφών και μοντελοποίησης.

Το μοντέλο προδιαγραφής παρέχει ένα τεκμηριωμένο πλάνο των βημάτων ανάπτυξης του προϊόντος που μια επιχείρηση αναλαμβάνει να τα πραγματοποιήσει. Η διαδικασία αρχίζει με μια κατερχόμενη προσέγγιση. Για παράδειγμα, οι προδιαγραφές ενός συστήματος πρώτα προβάλλονται και στη συνέχεια αναλύονται σε επιμέρους βήματα, ενεργοποιώντας ένα συμπυκνωμένο σύνολο προδιαγραφών. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται με αυξανόμενη λεπτομέρεια μέχρι να φτάσουμε το κατώτερο επίπεδο της υποδομής. Αυτή η μέθοδος εξασφαλίζει λειτουργική συμβατότητα και λογική ολοκλήρωση της ανάλυσης του προϊόντος σε υποσυστήματα, συστατικά, μέρη, κλπ. Υπάρχουν πέντε επίπεδα μοντέλων προδιαγραφής:

1. Μοντελοποίηση συστήματος
2. Μοντελοποίηση υποσυστήματος
3. Μοντελοποίηση συστατικών
4. Μοντελοποίηση μερών
5. Μοντελοποίηση υλικών/χαρακτηριστικών

Αυτές οι προδιαγραφές τυπικά παρουσιάζονται ως «χαρακτηριστικός τύπος» πληροφορίας (αυτή είναι ικανοποιημένη, χρονοπρογραμματισμένη, ακολουθιακή, σε προτεραιότητα, με καθορισμένες αξίες, σχέσεις, κλπ.).

4.3 Μοντέλο Προϊόντος

Ο κύριος σκοπός για την δημιουργία ενός μοντέλου προϊόντος είναι για τη παροχή πληροφορίας στον χρήστη με ξεκάθαρη και ολοκληρωμένη μορφή. Ένα μοντέλο προϊόντος διατυπώνει πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά ενός τεχνουργήματος σε πολλαπλά επίπεδα θεωρητικής μελέτης [Solomons, Van Houten και Kels, 1993]. Αυτό δεν είναι τα ίδιο με την μοντελοποίηση δεδομένων του προϊόντος, που διατυπώνει στοιχεία δεδομένων με έναν κοινό ομοιόμορφο τρόπο. Παρόλα αυτά, το τελευταίο είναι χρήσιμο για την δημιουργία συνεπών μοντέλων προϊόντος [Curran, 1994]. Το μοντέλο προϊόντος εξυπηρετεί πολλές χρήσιμες λειτουργίες εξαρτώμενες από τα αντικείμενα των ομάδων του CE. Για παράδειγμα, οι ομάδες σχεδίασης μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα μοντέλα ώστε να κερδίσουν διορατικότητα όσον αφορά τα προβλήματα σχεδίασης και να αναλύσουν διάφορες λύσεις. Το εμπορικό τμήμα μπορεί να χρησιμοποιήσει το μοντέλο με σκοπό το μάρκετινγκ και την αποτίμηση. Η ομάδα των μηχανικών μπορεί να το χρησιμοποιήσει για την αξιολόγηση της ανάλυσης και απόδοσης. Μια από τις σημαντικές εργασίες στο μηχανικό σχέδιο είναι η μοντελοποίηση και επικύρωση της επίδοσης. Γενικά η μοντελοποίηση της επίδοσης περιλαμβάνει ανάλυση ή προσομοίωση της συμπεριφοράς του προϊόντος, υπολογίζοντας ότι η επίδοση βασίζεται για τον σχεδιασμό X-ικανοτήτων και άλλων προοπτικών. Αυτά τα μοντέλα τάξης αποκτούν την πρόθεση του κύκλου ζωής της προοπτικής του προϊόντος, όπως απαιτήσεις των πελατών, οι επιδόσεις, η γεωμετρία, τα φορτία, κλπ., που επηρεάζουν τη συμπεριφορά του προϊόντος κατά ένα τρόπο. Υπάρχουν πολλοί τρόποι με τους οποίους κάποιος μπορεί να αποκτήσει την πρόθεση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Παραμετρικά, βασιζόμενα σε χαρακτηριστικά και σε γνώση είναι μερικά παραδείγματα τέτοιων μοντέλων. Ορισμένα μοντέλα προϊόντος χρησιμοποιούν καλά δομημένα προβλήματα για την επίλυση τεχνικών με διαφορετικά επίπεδα προοπτικής και δυνατοτήτων προσομοίωσης.

Με τη ριζική βοήθεια μιας μακροπρόθεσμης έρευνας σχεδίου στην Ιαπωνία που έχει γίνει, απορρέει η ιδέα που δείχνει τι χαρακτηρίζει ένα καλό μοντέλο προϊόντος. Τα περισσότερα μοντέλα προϊόντος απευθύνονται σε συγκεκριμένη αγορά και έχουν τεχνικές προδιαγραφές ενός σχεδιασμού αντικειμένου και

συνδέονται με ένα συλλογικό σχέδιο και μεταποιητικές γνώσεις και δυνατότητες. Η γνώση σ' αυτή την διατριβή παρουσιάζεται με τι ακολουθούμενες μορφές:

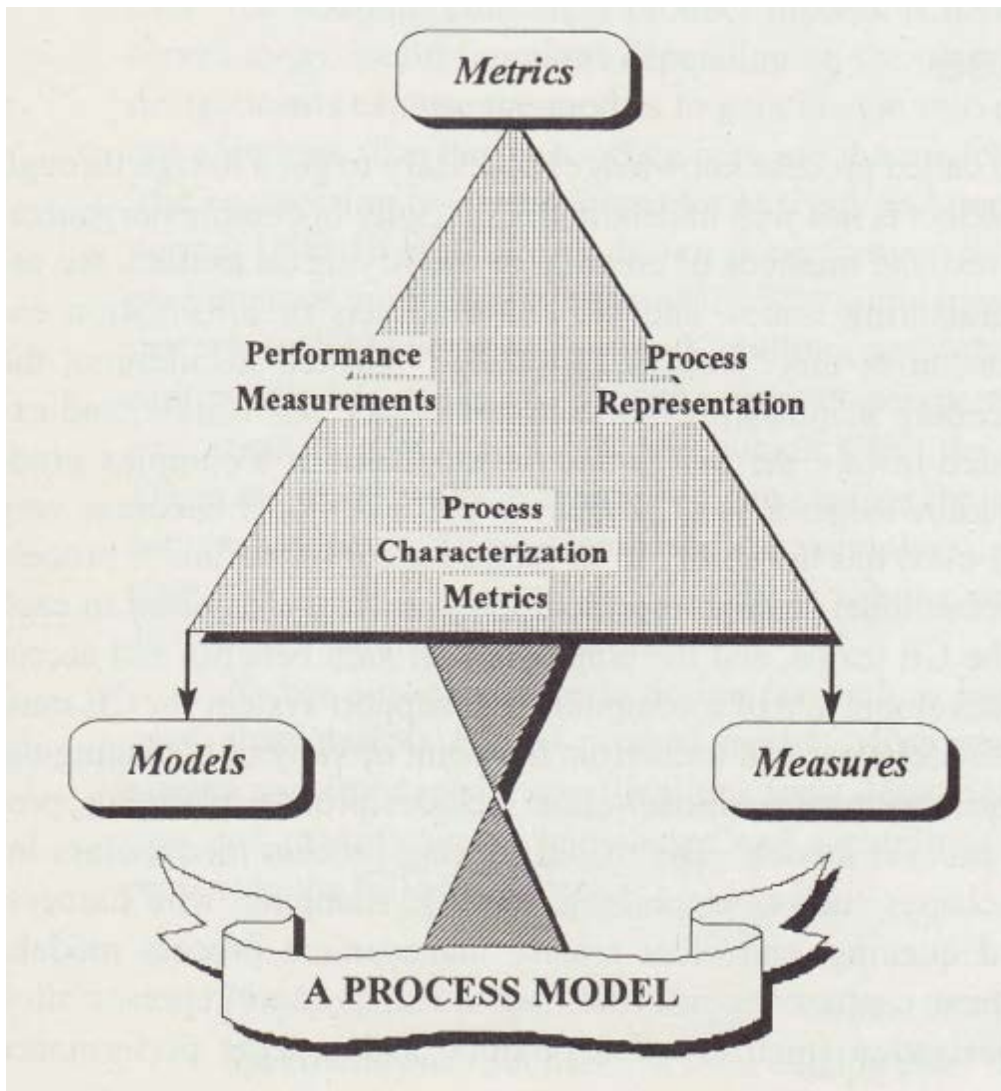
- **Γνώση προϊόντος:** Όπως περασμένα σχέδια, χαρακτηριστικά μορφής, απόδοση πεδίου, κλπ.
- **Προδιαγραφές:** Όπως τεστ δεδομένων, κατάλογος δεδομένων, προϋποθέσεις, περιορισμοί, κλπ.
- **Γνώση διαδικασίας:** Όπως βαθιά μηχανική κατανόηση, βιομηχανική σημασιολογία, κυβερνητικοί κανονισμοί (νόμοι), κλπ.
- **Πρότυπα:** Πολιτική εταιρίας, μέθοδοι, διαδικασίες (3Ps, policy, practices, procedures) και κανόνες σχεδίου.

Ακολουθώντας αυτά τα βήματα με τη σειρά καθώς τελειοποιούμε το προϊόν, η πληροφορία του προϊόντος μπορεί να αποκτηθεί ως χαρακτηριστικό ή σε άλλη μορφή. Αυτές οι μορφές μπορούν να ενσωματωθούν απευθείας σε μια από τις βάσεις δεδομένων του προϊόντος, χρησιμοποιώντας ένα πλάνο βασισμένο στο αντικείμενο ή τη γνώση. Το μοντέλο προϊόντος κάνει έναν χρήστη του CE ικανό να κατανοήσει τις αλληλεπιδράσεις των παραμέτρων του προϊόντος, όπως τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών ή των υλικών στην επίδοση του προϊόντος. Υπάρχει μια σειρά μοντέλων από το θεωρητικό σχέδιο στο λεπτομερές. Στο θεωρητικό στάδιο, το πρώτο επίπεδο ασχολίας είναι η μείωση της πολυπλοκότητας του προϊόντος και στη συνέχεια η μελέτη των επιπτώσεων άλλων παραμέτρων στην απόδοση δεικτών, όπως το κόστος παραγωγής. Πιο συχνά, το μεγαλύτερο κέρδος, όσον αφορά τη μείωση του κόστους, επιτυγχάνεται με τη μείωση της πολυπλοκότητας του προϊόντος.

Η μοντελοποίηση του προϊόντος, για την υποστήριξη πολλών επιστημών, αποτελεί το κεντρικό κύριο θέμα του CE [Krause, Kimura, Iwata, Suh, Tipnis, Week και Wolf, 1993]. Μερικές προσεγγίσεις κάνουν να φαίνεται ένα σχέδιο από διαφορετικές προοπτικές. Παραδείγματα τέτοιων προοπτικών είναι η ικανότητα μαζικής κατασκευής, η αξιοπιστία, η ικανότητα συναρμολόγησης, η έλεγχος και η απόδοση. Συγκεκριμένα, τα Bond γραφήματα και τα δομικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του σχεδίου από διαφορετικές προοπτικές [Finger και Rinderle, 1989]. Τα Bond γραφήματα δείχνουν τις ενεργειακές διαστάσεις ενός σχεδίου, όταν τα τοπολογικά παρουσιάζονται από τα δομικά μοντέλα.

4.4 Μοντέλο Διαδικασίας

Τυπικά, η γνώση (καλείται γνώση διαδικασίας), που είναι αναγκαία για την απόκτηση ενός σχεδίου μέσα από τον καλύτερο κύκλο ζωής του προϊόντος, δεν κατανοείται επαρκώς, ειδικά σε πολύπλοκες οργανώσεις. Το πώς λύνονται τα προβλήματα, οι μέθοδοι που δημιουργούν ή τροποποιούν ένα τεχνούργημα, η συχνότητα των γεγονότων, τα κατασκευαστικά ζητήματα και τα συλλεγόμενα σύνολα φακέλων πληροφορίας διαμορφώνουν ένα μεγάλο τμήμα του τομέα της γνώσης διαδικασίας. Επιπλέον, γνώση που εμπεριέχεται σε εγχειρίδια διαδικασίας, σημειωματάρια, εισαγωγικά βιβλία, αποτελέσματα ελέγχων και εμπειρία δεν είναι επαρκώς ολοκληρωμένα όσον αφορά τον επικείμενο σχεδιασμό και ανάπτυξη ενός πολύπλοκου προϊόντος. Έτσι, η επινόηση ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας καθοδηγούμενης από τη γνώση γίνεται πολύ ισχυρή. Το μοντέλο διαδικασίας έχει την ικανότητα να συγκροτεί μια κατάσταση πληροφορίας ή γνώση διαδικασίας. Χρησιμοποιώντας ένα μοντέλο διαδικασίας για την παρουσίαση της γνώσης που χρειάζεται σε κάθε κατάσταση, η οργάνωση, οι CE ομάδες και οι υπάλληλοι κερδίζουν οφέλη και πρόσβαση σε μελλοντική επαναχρησιμοποίηση. Η εφαρμόσιμη ανάπτυξη ενός υπολογιστικού συστήματος υποστήριξης του CE πρέπει επίσης να ενσωματώνει το μοντέλο διαδικασίας και τα εργαλεία από την άποψη της διαχείρισης της γνώσης διαδικασίας. Το πρωταρχικό μοντέλο διαδικασίας περιλαμβάνει τον σχεδιασμό διαδικασίας, την παραγωγή και τα κατασκευαστικά μοντέλα διαδικασίας. Τα κατασκευαστικά μοντέλα διαδικασίας περιλαμβάνουν άλλα μοντέλα διαδικασίας, όπως η επεξεργασία, σφυρηλάτηση, σφράγιση, συναρμολόγηση, δρομολόγηση, παραμονή σε ουρά και άλλα μοντέλα διαχείρισης διαδικασίας. Κάθε μοντέλο διαδικασίας πρέπει να αποκτήσει τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την απεικόνιση της διαδικασίας (μοντελοποίηση), τον χαρακτηρισμό της διαδικασίας (μετρική) ενός προϊόντος και την απόδοση των μετρήσεων της διαδικασίας (μέτρα), όπως η συσκευασία, παραγωγή, κατασκευή, επιθεώρηση, έλεγχος ποιότητας, κλπ. Αυτά τα τρία μέρη του μοντέλου διαδικασίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 16. Οι τρεις γωνίες ενός τριγώνου απεικονίζουν τα 3Ms: μοντέλα, μετρική και μέτρα. Οι τρεις απέναντι πλευρές απεικονίζουν τα αντίστοιχα στοιχεία της διαδικασίας: απεικόνιση της διαδικασίας, χαρακτηριστικά μετρικής και απόδοση μετρήσεων. Όλα τα παραπάνω αποτελούν ένα σύνολο σημαντικών στοιχείων που χρειάζονται για τη δημιουργία ενός καλού μοντέλου διαδικασίας (όπως φαίνεται στο Σχήμα 16).



Σχήμα 16: Τα τρία μέρη ενός μοντέλου διαδικασίας (Biren Prasad, 1996, *Concurrent Engineering Fundamentals*).

4.4.1 Group Technology

Η Group Technology (GT) αποτελούν μια προσέγγιση για την βελτίωση της αποτελεσματικότητας με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους των παραγόμενων όμοιων κομματιών σε μικρές παρτίδες. Η διάταξη ταξινόμησης ή κωδικοποίησης (όπως μορφή – χαρακτηριστικά) χρησιμοποιείται για την αναγνώριση κομματιών με την ακολουθούμενη κοινοτυπία:

- Χαρακτηριστικά σχεδίου
- Διαδικασίες κατασκευής (3Ps)
- Χρήση εργαλείων μηχανής

Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα των διατάξεων κωδικοποίησης είναι η δυνατότητα της προσθήκης μιας επιπλέον βιομηχανικής – κατασκευαστικής σημασιολογίας σε ένα τυπικό γεωμετρικό μοντέλο πληροφορίας προϊόντος. Στη συνέχεια, τα κομμάτια μπορούν να προγραμματιστούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία ενός σταδίου (batch-wise) μέσω των μηχανικών εργαλείων, που είναι φυσικά συγκεντρωμένα μεταξύ τους. Ο σκοπός της GT ανάλυσης είναι να δοθεί στον χρήστη μια αυτοματοποιημένη έννοια για να βοηθήσει στην τυποποίηση της κατασκευαστικής διαδικασίας και επομένως την ελαχιστοποίηση του χρόνου μεταφοράς και διαδικασίας. Η GT είναι χρήσιμη τόσο στην ταξινόμηση προϊόντος, όσο και στην ανάλυση σχεδιασμού της διαδικασίας. Συντελείται τεράστια εξοικονόμηση με την χρήση της GT για την αναγνώριση ομάδων κατασκευασμένων κομματιών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν τυποποιημένες μηχανές και ροή εργασίας.

Η GT ανάλυση αναγνωρίζει γκρουπ όμοιων κομματιών, προσομοιώνει την τυποποίηση της παραγωγής και ανακτά παρεμφερή πλάνα διαδικασίας. Τα δεδομένα εξόδου της κοινής ανάλυσης περιλαμβάνουν χρήση μηχανής και ροή εργασίας, κόστος, ιδιότητα και σχεδιάγραμμα του σχεδιασμού διαδικασίας. Αυτές οι αναλύσεις γίνονται ώστε να γίνει η τυποποίηση κατασκευαστικής διαδικασίας και η ομαδοποίηση των κομματιών και εργαλείων μηχανής με αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας. Η GT ανάλυση δίνει πληροφορία υποστήριξης απόφασης για να βοηθήσει τις ομάδες να έχουν καλύτερο σχεδιασμό. Άπαξ και ένα γκρουπ κομματιών σχηματιστεί, μια ομάδα χρειάζεται να γνωρίζει εάν το κόστος είναι αρκετά σημαντικό ώστε να εγγραφεί τις GT προσπάθειες για κωδικοποίηση και ανάλυση. Η απόφαση για την χρήση GT εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Αξία των κομματιών που παράγονται
- Παραγόμενος όγκος των κομματιών
- Σημαντικές προϋποθέσεις μηχανής
- Τρέχουσα ροή εργασίας
- Προϋποθέσεις χειρισμού υλικού

Για κάθε γκρουπ κομματιών, η GT βοηθάει τις ομάδες να τυποποιήσουν και να βελτιώσουν την διαδικασία της κατασκευής ή συναρμολόγησης. Οι ομάδες μπορούν να τυποποιήσουν το ελάχιστο κόστος διαδικασιών, την διαδικασία με την ευκολότερη ροή εργασίας (κίνηση ελάχιστων κομματιών και προϋποθέσεις χειρισμού υλικού), ή τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν καλύτερα τα μηχανήματα. Μερικές εταιρίες όντως

τοποθετούν τα μηχανήματα ή τον εξοπλισμό μαζί ώστε να φτιάξουν ένα γκρουπ από όμοια κομμάτια. Αυτό ονομάζεται κυτταρώδης κατασκευή και έχει τεράστια οφέλη στη μείωση του χρόνου εγκατάστασης. Είναι όμοιο με το να έχει κάποιος ένα ευέλικτο κέντρο κατεργασίας, αλλά διαφέρει στο ότι κανένας νέος εξοπλισμός δεν χρειάζεται να αγοραστεί. Η ποσότητα της παρτίδας μπορεί πραγματικά να μειωθεί για την παραγωγή εκείνης της στιγμής και να είναι ακόμα πολύ αποδοτικό επειδή μειώνονται δραματικά η εγκατάσταση και ο χρόνος της εργασίας της διαδικασίας. Ένα άλλο όφελος είναι η ευκαιρία να μειωθούν κοστολογικά τα αποθέματα. Υπάρχουν διαθέσιμα αρκετά εμπορικά συστήματα που παρέχουν στην GT ανάλυση εργαλεία που βοηθούν στη διαδικασία της απόφασης.

4.4.1.1 GT Οφέλη για τους Κατασκευαστές

Τα περισσότερα από τα οφέλη της χρήσης της GT προέρχονται από την ικανότητα να ανακτούν την ακριβή ή παρόμοια πληροφορία και την ικανότητα τυποποίησης της κατασκευαστικής διαδικασίας για γκρουπ παρόμοιων κομματιών. Η ανάκτηση της πληροφορίας σε παρόμοια κομμάτια συνεπάγεται μια ουσιαστική μείωση στο κοπιάρισμα (πιστή αντιγραφή) και στον πολλαπλασιασμό των κομματιών. Για κάθε καινούριο κομμάτι, το οποίο εισάγεται πρώτο στην κατασκευαστική διαδικασία, ένα νέο πλάνο διαδικασίας δημιουργείται, το οποίο ακολουθείται από καινούριες NC ταινίες, καινούρια εργαλεία, οδηγίες ποιότητας, πρότυποι χρόνοι, κλπ. Αυτή είναι μια πολύ δαπανηρή και εντατικού χρόνου δραστηριότητα, που μπορεί να μειωθεί ή να εξαλείφει με την ανάκτηση πληροφορίας από μια βάση γνώσης μιας GT εταιρίας. Τα οφέλη της GT χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: Οφέλη μιας φοράς (αρχικά), επαναλαμβανόμενα οφέλη που συμβαίνουν όποτε τα κομμάτια επαναπαράγονται και οφέλη αποδιδόμενα από την επαναδιοργάνωση των εγκαταστάσεων παραγωγής.

- *Μιας φοράς αρχικά οφέλη:* Τυποποιώντας την διαδικασία κατασκευής για ένα γκρουπ κομματιών, η κατασκευαστική μηχανική για νέα προϊόντα, καθώς και οι χρόνοι εγκατάστασης των μηχανών και ο απόθεμα της εργασίας πάνω στη διαδικασία μειώνονται σημαντικά. Η GT τυποποίηση υποστηρίζει μικρότερα μεγέθη παρτίδας και κατασκευή ακριβώς στην ώρα της. Για πολλούς κατασκευαστές παρτίδας ο χρόνος εγκατάστασης της μηχανής είναι όντως διπλάσιος από τον χρόνο εκτέλεσης της μηχανής. Εάν οι μέθοδοι παραγωγής τυποποιούνται, μπορεί να επιτευχθεί καλύτερη χρήση της μηχανής δημιουργώντας όμοια κομμάτια το ένα μετά το άλλο σε μηχανές

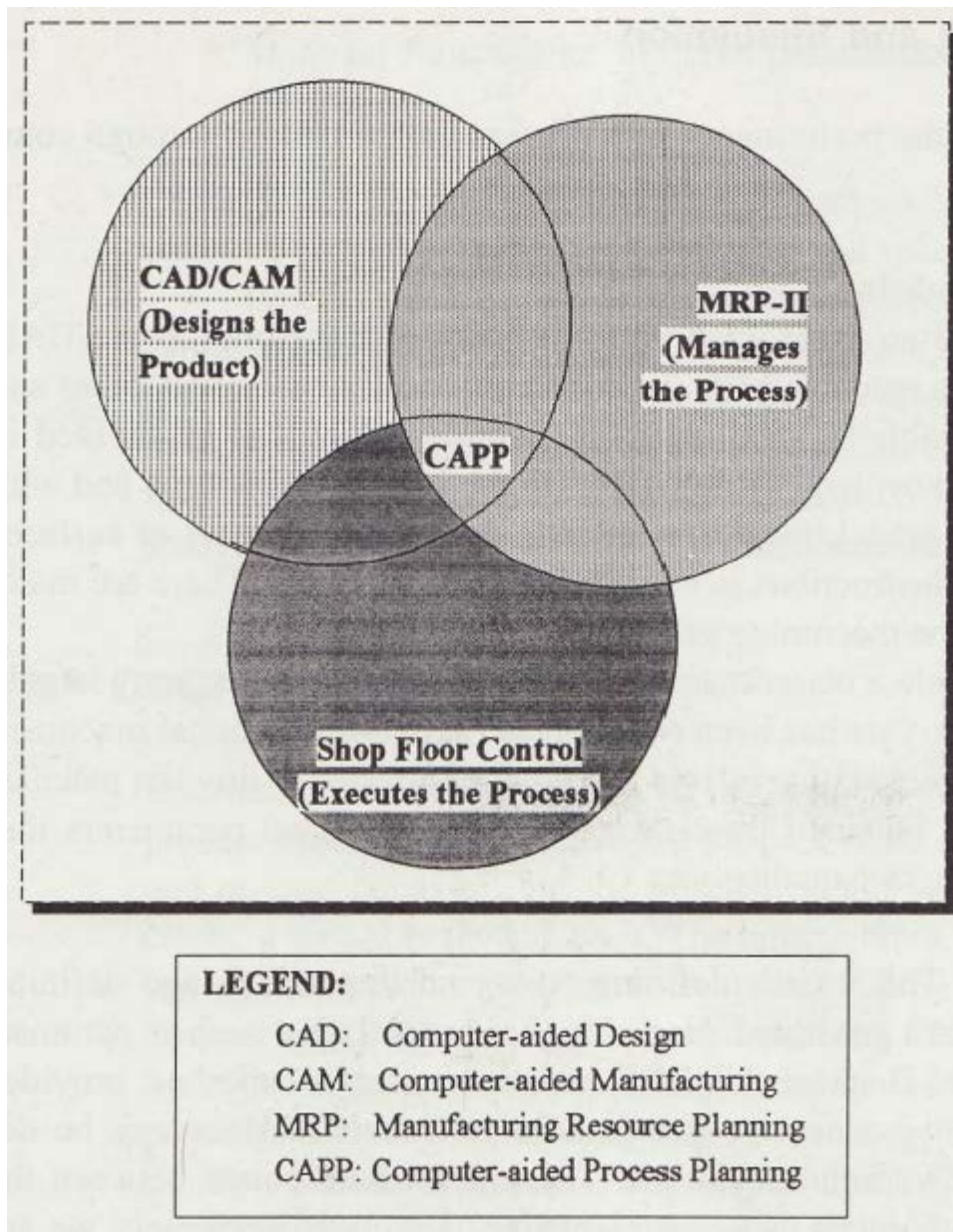
αποκλειστικής λειτουργίας. Η τυποποίηση είναι το κλειδί για την βελτίωση της ποιότητας των κομματιών και της μείωσης της αστοχίας των κομματιών.

- *Επαναλαμβανόμενα οφέλη με σκοπό την επαναχρησιμοποίηση και την επαναδιοργάνωση:* Εάν το σχέδιο ή τα χαρακτηριστικά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν έτσι όπως είναι, κατασκευαστικά αρχεία όπως τα πλάνα διαδικασίας, οι χώροι κατασκευής, τα σχέδια συναρμολόγησης, τα NC προγράμματα και οι οδηγίες των μηχανών μπορούν επίσης να επαναχρησιμοποιηθούν παρά να δημιουργηθούν από νέα με πιθανότητα αστοχίας. Ομοίως, εάν ένα υπάρχον σχέδιο τροποποιείται, τα αντίστοιχα πλάνα κατασκευαστικής διαδικασίας μπορούν να ξαναενεργοποιηθούν αντί να δημιουργηθούν εκ νέου. Επιπρόσθετα αποθέματα μπορούν να πραγματοποιηθούν με τον χρονικό προγραμματισμό για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια της λειτουργίας της παραγωγής ανά γκρουπ κομματιών, αντί του χρονικού προγραμματισμού παραγωγής ανεξάρτητων κομματιών.
- *Επιπρόσθετα κομμάτια με σκοπό την επαναδιοργάνωση:* Αυτό συμβαίνει όταν μια εταιρία προχωράει περαιτέρω και επαναδιοργανώνει τις εγκαταστάσεις παραγωγής της. Αυτό το βήμα μειώνει σημαντικά τα προβλήματα διαχείρισης του υλικού. Η εταιρία επαναδιοργανώνει τις εγκαταστάσεις παραγωγής της με σκοπό την δημιουργία GT κελιών εργασίας ή γραμμών εργασίας, που είναι αποκλειστικές σειρές μηχανών απολύτως ικανών να παράγουν ένα γκρουπ κομματιών. Ένα GT κελί μπορεί να αναφέρεται ως ένα «φτηνό ευέλικτο κέντρο μηχανικής». Συχνά, αυτό συνεπάγεται ένα πιο περίπλοκο και μακροπρόθεσμο βήμα προς την κατασκευή προϊόντος.

Η GT ταξινόμηση και τα συστήματα κωδικοποίησης μπορούν επίσης να παρέχουν μια βάση για ένα «σύστημα ανάκτησης σχεδίου». Ένα GT σύστημα ανάκτησης μπορεί να παρέχει κατασκευή με πολλά οφέλη όμοια με αυτά που παρέχονται από την τυποποίηση σχεδίου για τα γκρουπ σχεδιασμού.

4.4.2 Διαδικασία Σχεδιασμού με την Βοήθεια Υπολογιστή

Το Σχήμα 17 παρουσιάζει το CAPP (Computer-aided Process Planning) ως κοινή περιοχή μεταξύ των CAD/CAM, Shop Floor Control και MRP II (Manufacturing Resource Planning).



Σχήμα 17: Computer aided Process Planning (CAPP) (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

Τα MRP συστήματα δεν κατανοούν την ομοιότητα της τυποποίησης του κομματιού, όμως το CAD/CAM το κάνει. Το MRP ελέγχει μόνο την στιγμή που θα γίνει το κομμάτι στο shop floor. Το CAPP καθορίζει την επιλογή του μηχανήματος και την αλληλουχία κατεργασίας. Αυτός είναι ο τρόπος που το κομμάτι θα γίνει. Το CAPP ελέγχει την ανάπτυξη, συντήρηση, εγκυρότητα και έλεγχο διάθεσης της κατασκευαστικής τεκμηρίωσης (κοινώς αποκαλείται πλάνο διαδικασίας, οδηγίες εργασίας, ή φύλλα μεθόδου). Το CAPP δεν βοηθάει μόνο στην αύξηση της ταχύτητας της εργασίας, αλλά επίσης βοηθάει σημαντικά στην βελτίωση της διαδικασίας κατασκευής. Στις εταιρίες όπου οι κατασκευαστές μηχανικοί έχουν λίγα ή καθόλου

αυτοματοποιημένα εργαλεία, το CAPP αυξάνει την παραγωγικότητα δίνοντας τους ένα εργαλείο υποστήριξης απόφασης για την επικύρωση, τυποποίηση και βελτίωση της διαδικασίας απόφασής τους. Παρόλα αυτά πολλές εταιρίες που χρησιμοποιούν CAPP ξοδεύουν πάρα πολύ μεγάλο κεφάλαιο για την αυτοματοποίηση του χώρου εργασίας αντί να το κάνουν για τους μηχανικούς κατασκευαστές που έχουν.

Η σωστή διαχείριση εγγράφου είναι πολύ σημαντική για ένα σύστημα σχεδιασμού διαδικασίας. Άλλα σημαντικά χαρακτηριστικά ενός καλού συστήματος CAPP είναι ο έλεγχος ασφάλειας και διάθεσης, η διαχείριση ουράς, τα μηνύματα, η αναθεώρηση ιστορίας, η μαζική αναβάθμιση, το αρχείο, οι γραφικές απεικονίσεις από τα σχέδια του CAD/CAM, οι σαρωμένες και ψηφιοποιημένες εικόνες, οι επιλογές χρώματος, η επισήμανση, η επεξεργασία κατασκευαστικής λέξης, η ειδική διαδικασία σχεδιασμού με επεξεργασία χαρακτηριστικών (εισαγωγή και διαγραφή λειτουργίας), τα πρότυπα σημειωματάρια αναφοράς με κοινές λειτουργικές και ελέγχου ποιότητας οδηγίες, η ευέλικτη γεννήτρια φύλλου διαδικασίας, η GT ταξινόμηση, η GT ανάλυση, η αναφορά αυτού που τη γράφει, η προσαρμοσμένη εκτύπωση, τα χρονικά πρότυπα, η εκτίμηση κόστους και οι ανοιχτές αρχιτεκτονικές για διευκόλυνση της ολοκλήρωσης με άλλες CIM (Computer Integrated Manufacturing) εφαρμογές. Τέτοιες εφαρμογές μπορούν να επεκταθούν πέρα από τα CAD/CAM, MRP και Shop Floor Control.

4.4.3 Μοντελοποίηση και Προσομοίωση Μέσω Υπολογιστή

Μια άλλη μέθοδος για την αύξηση της απόδοσης μιας διαδικασίας μοντέλου είναι η μοντελοποίηση και προσομοίωση μέσω υπολογιστή.

4.4.3.1 NC Μοντέλα Μηχανικής Επεξεργασίας

Οι κατασκευαστές μηχανικοί συχνά αντιμετωπίζουν την εργασία να μετατρέπουν τη CAD γεωμετρία σε NC δεδομένα εξαγωγής με σκοπό την μηχανική επεξεργασία κομματιών (να χειριστούν αριθμητικά ελεγχόμενους τόνους και φρέζες). Η διαδικασία είναι επίσης κατάλληλη για την μορφοποίηση πολύπλοκων σχημάτων, τα οποία μπορούν να διαμορφωθούν σε καλούπια. Το πρόβλημα είναι πως μπορεί αυτό να πραγματοποιηθεί στον ελάχιστο δυνατό χρόνο και με την καλύτερη ακρίβεια. Το NC μοντέλο μετατρέπει ένα CAD σχέδιο σε μια σειρά από επιφάνειες για CAM επεξεργασία και δίνει οδηγίες για την πραγματική μηχανική επεξεργασία των κομματιών. Υπάρχουν πολλές παράμετροι μοντέλου που ελέγχουν την διαδικασία μηχανικής επεξεργασίας.

Μερικά NC προγράμματα παρέχουν ένα καλύτερο μηχανικής επεξεργασίας τελείωμα από άλλα. Η ακρίβεια εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το πώς η επιφάνεια

του μοντέλου έχει απεικονιστεί. Δύο είναι οι παράμετροι που συνήθως πραγματώνουν την ποιότητα της τελικής επιφάνειας:

- *Επιφανειακή Προσέγγιση:* Αυτό συνεπάγεται καθορισμένα σημεία στην επιφάνεια και καθορισμός του τρόπου με τον οποίο δημιουργούνται ενδιάμεσα σημεία. Η χρήση μορφών ανώτερης τάξης, όπως η παραμετρική ή ομοιόμορφη συμμετρική B-spline που είναι προτιμότερη από επιφανειακά πλέγματα, παρέχει μια καλύτερη επιλογή για CAM επεξεργασία. Χρησιμοποιώντας αυτές τις μορφές, η επιφάνεια μπορεί να περιγραφεί ως μια σειρά από πολυωνυμικές εξισώσεις. Τα ενδιάμεσα σημεία ανάμεσα στα σημεία του πλέγματος σχεδιάζουν μια καμπύλη αντί μια ευθεία γραμμή. Εάν είμαστε ικανοί να απεικονίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την περιγραφόμενη επιφάνεια, τότε πιο ομαλά το μηχανικώς επεξεργασμένο κομμάτι θα προσεγγίζει την πραγματική επιφάνεια.
- *Ανοχή:* Η ακρίβεια μια τελειωμένης επιφάνειας επίσης επηρεάζεται από την μηχανική ανοχή. Όταν είναι μικρότερο το μέγεθος των πολύπλευρων πλεγμάτων, τότε υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στο μηχανικώς επεξεργασμένο κομμάτι.

Υπάρχουν κι άλλοι παράμετροι που επηρεάζουν την μηχανική επεξεργασία:

- *Τύποι Κοπής:* Περιγράφει τα κριτήρια δημιουργίας της διαδρομής των εργαλείων, όπως είναι τα δισδιάστατα, τρισδιάστατα και πενταδιάστατα μηχανήματα. Τα δισδιάστατα χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν το περίγραμμα και τους θύλακες με πολλαπλές νησίδες. Τα τρισδιάστατα έχουν επιπροσθέτως από τα δισδιάστατα το βάθος. Μια πενταδιάστατη διαδρομή εργαλείου μπορεί να τοποθετήσει το εργαλείο σε μια συγκεκριμένη γωνία ως προς την κυρτότητα της επιφάνειας.
- *Όρια Κοπής:* Τα όρια κοπής μορφοποιούν μια αλληλουχία στοιχείων που οριοθετούν την επιφάνεια. Η διαδικασία επιλογής, που αναφέρεται ως «αλυσιδωτή σύνδεση», καθορίζει εάν οι κοπές είναι μέσα ή έξω από τα όρια.
- *Επιλογή Εργαλείου:* Συνήθως, τυποποιημένα εργαλεία καθορίζονται ως μέρος της βιβλιοθήκης. Η βιβλιοθήκη παρέχει ένα σύνολο εύχρηστων εννοιών για την επιλογή του εργαλείου. Τα περισσότερα προγράμματα επιτρέπουν την προσθήκη νέων εργαλείων ή την μετατροπή των υπάρχοντων που βρίσκονται στην βιβλιοθήκη εργαλείων.

- *Παράμετροι Υλικού:* Οι παράμετροι του υλικού περιλαμβάνουν τον ρυθμό τροφοδοσίας, τον ρυθμό βύθισης και την ταχύτητα της ατράκτου.

Τα μοντέλα διαδικασίας, άπαξ και αποκτηθούν μέσω της προσομοίωσης με υπολογιστή, παρέχουν ένα πλαίσιο που δίνει μια ολοκληρωμένη όψη της οργανωτικής δομής περιλαμβάνοντας τις εργασιακές και μηχανικές διαδικασίες σε ολόκληρη την οργάνωση. Η προσομοίωση επιτρέπει σε πολλά CE μοντέλα διαδικασίας να ελεγχθούν και να αναλυθούν πριν την εφαρμογή τους. Η μοντελοποίηση επιχείρησης, που περιγράφεται στο κεφάλαιο 4.1, είναι ένα παράδειγμα μιας προσομοίωσης με υπολογιστή για την ανάλυση της οργανωτικής δομής και την μελέτη των επιδόσεων του κατασκευαστικού – βιομηχανικού συστήματος.

4.5 Νοητικά Μοντέλα

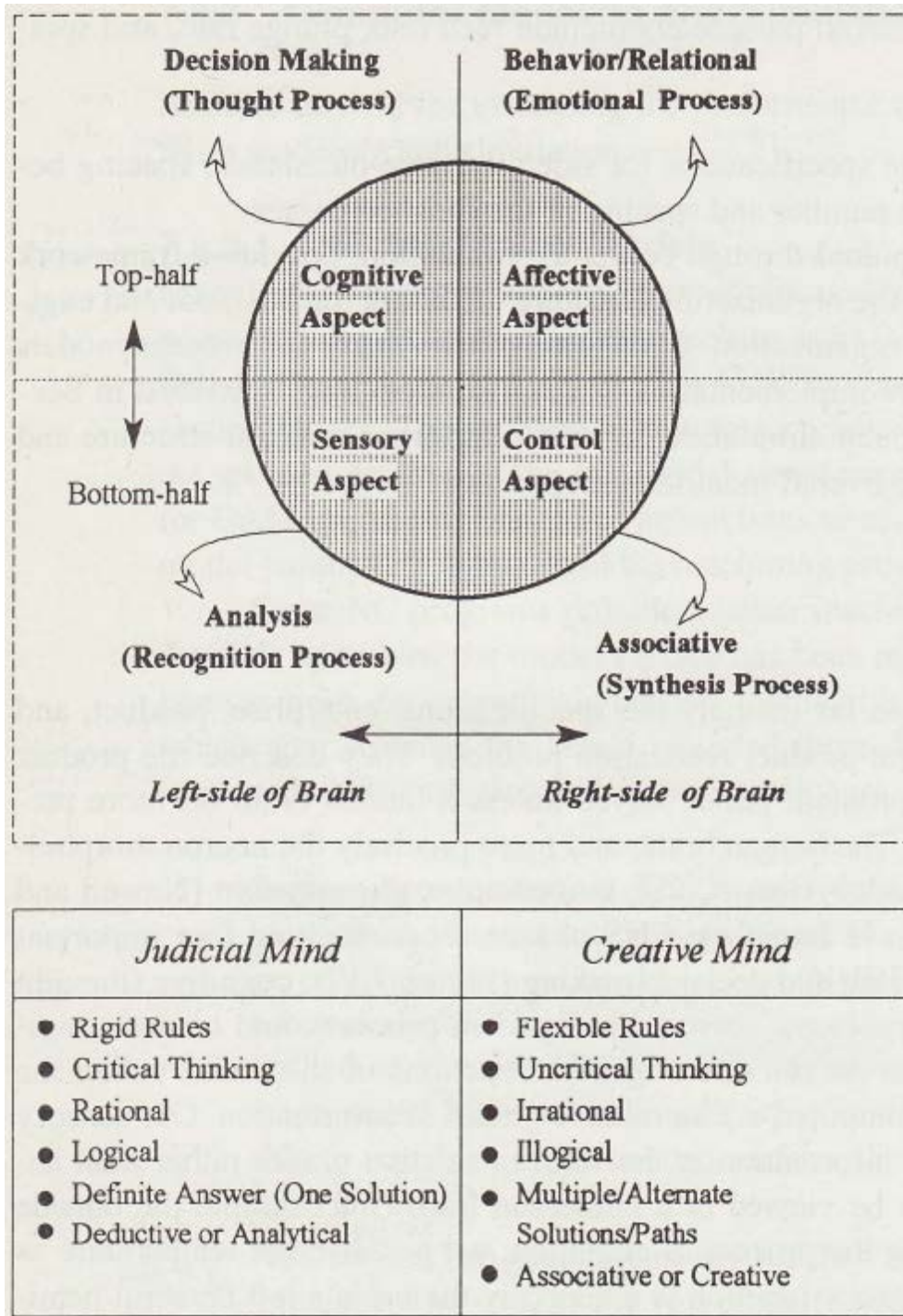
Τα πληροφοριακά μοντέλα, που έχουν περιγραφεί μέχρι τώρα (ονομαστικά τα μοντέλα προδιαγραφών, επιχειρησιακά, προϊόντος και διαδικασίας), δεν λύνουν το πρόβλημα υλοποίησης του προϊόντος. Περιγράφουν την συμπεριφορά του προϊόντος και της διαδικασίας, αλλά το πρόβλημα δεν λύνεται εκτός εάν ο ανθρώπινος εγκέφαλος, ή επακριβώς ένας εικονικός εγκέφαλος δράσει πάνω στο πρόβλημα. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος και πιο συγκεκριμένα η νευρική μορφολογία του κεντρικού νευρικού συστήματος του ανθρώπου (CNS = Central Nervous System), είναι ένα περίπλοκο φαινόμενο [Newell και Simon, 1972]. Πρόσφατες μελέτες έχουν βρει από το CNS του ανθρώπου τέσσερις σημαντικές λειτουργίες που αφορούν την εκτέλεση της πληροφορίας και την λήψη της απόφασης (Σχήμα 18: Νοητικές πτυχές εκτέλεσης της πληροφορίας και λήψης της απόφασης):

- Νοητική (διαδικασία σκέψης)
- Συναισθηματική (συναισθηματική διαδικασία)
- Αισθητηριακή (διαδικασία αναγνώρισης)
- Ελέγχου (συνειρμική διαδικασία μηνυμάτων)

Οι πνευματικές και νοητικές λειτουργίες του εγκεφάλου, σε αντίθεση με την υπολογιστική λειτουργία του ηλεκτρονικού υπολογιστή, δρουν σε σχετικό βαθμό με την πληροφορία. Η λειτουργία του αισθητηριακού συστήματος μας συντελείται για την απόκτηση της πληροφορίας στη μορφή του σχετικού βαθμού αντί των απολύτων μεγεθών. Η πληροφορία μπορεί να παρατηρηθεί με μια αριθμητική μορφή (για

παράδειγμα η εξωτερική θερμοκρασία είναι 21°C), αλλά κατά τη διάρκεια της νοητικής διαδικασίας αντιλαμβανόμαστε τη θερμοκρασία ως ευχάριστη. Η αισθητηριακή λειτουργία είναι ουσιαστικά η λειτουργία του αριστερού εγκεφαλικού ημισφαιρίου (CHF = Cerebral Hemisphere Function). Το είδος της αντίληψης είναι σημαντικό κυρίως για την κριτική κατανόηση των παραμέτρων του προβλήματος όπως η πολυπλοκότητα και ιδιότητες του. Ο έλεγχος, από την άλλη μεριά, είναι ουσιαστικά η δεξιά CHF και παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη σύνθεση της δημιουργίας του σχεδίου.

Υπάρχουν δύο πλευρές στον εγκέφαλο που βοηθάει η μία την άλλη. Η αριστερή πλευρά αναφέρεται ως κριτικός νους και η δεξιά ως δημιουργός νους [Nicolai, 1992]. Ο κριτικός νους έχει δύο μέρη, το μέρος που παίρνει αποφάσεις και το μέρος ανάλυσης. Επομένως, η κριτική λειτουργία συχνά αναφέρεται ως συμπερασματική, αναλυτική, πνευματική δραστηριότητα. Όπως η κριτική πλευρά, έτσι και η δημιουργική λειτουργία έχει επίσης δύο συνεργαζόμενα μέρη. Ένα μέρος συμπεριφοράς και ένα σύνθεσης. Ως αποτέλεσμα, ο δημιουργικός νους αναφέρεται επίσης ως συναισθηματική συμπεριφορά πνευματικής δραστηριότητας. Η χρήση των διαφορετικών μερών του εγκεφάλου, όσον αφορά την επίλυση ενός τυπικού προβλήματος σχεδιασμού, είναι κυκλική στη φύση. Υπάρχουν πέντε αλληλεπιδράσεις (βήματα) που λαμβάνουν μέρος σε μια κυκλική ολοκλήρωση:



Σχήμα 18: Νοητικές πτυχές εκτέλεσης της πληροφορίας και λήψης της απόφασης (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

1. **Αισθητηριακές και Νοητικές Πτυχές:** Στην αρχή του κύκλου, ο κριτικός νους (η αριστερή πλευρά του εγκεφάλου) είναι απασχολημένος όπως φαίνεται στο Σχήμα 18. Εδώ οι μηχανικοί (μέσω των αισθητηριακών πτυχών) θέτουν κανόνες καθορίζοντας το πρόβλημα, για παράδειγμα, η αποσύνθεση ενός προβλήματος ή ενός προϊόντος – ποια μέρη του προϊόντος πρέπει να

σχεδιαστούν, ποιες προδιαγραφές θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν; Πρέπει επίσης να αποφασίσουν (μέσω των νοητικών πτυχών) την σχετική βαρύτητα των ιδιοτήτων προδιαγραφών (δεδομένα εισόδου, προϋποθέσεις και περιορισμοί) και μετρήσεων των ιδιοτήτων (MOMs = Measurement Of Merits) όπως οι επιδόσεις, το κόστος, η ασφάλεια, η απλότητα, το περιβάλλον κλπ. Πρέπει επίσης να αποφασίσουν τους τύπους των διαδικασιών (διαδικασία αποσύνθεσης) που χρειάζεται για την μετατροπή των προδιαγραφών σε φυσικά δεδομένα εξόδου.

2. Έλεγχου και Συναισθηματικές Πτυχές: Σε αυτή την περίπτωση, ο δημιουργικός νους (δεξιά πλευρά του εγκεφάλου) είναι απασχολημένος όπως φαίνεται στο Σχήμα 18. Εδώ, οι μηχανικοί (μέσω της πτυχής του ελέγχου) αγνοούν τα πρότυπα που μπορεί να εμποδίζουν την δημιουργική σκέψη. Η λήψη της απόφασης εκτελείται μέσω μιας μορφής συνεργασίας (όπως η συναρμολόγηση, η θεωρία συστήματος, η διάσκεψη, η δυναμική της ομάδας, ή μια συλλογή από δραστηριότητες προβληματισμού για την επίλυση κάποιου ζητήματος). Όπως οι αριθμοί είναι σημαντικοί σε μια συνεδρία προβληματισμού, έτσι και η συνεργασία είναι ακόμα πιο σημαντική εδώ. Το ενδιαφέρον σε αυτή την περίπτωση αποτελεί ο αριθμός των υποψήφιων (εξεταζόμενων) σχεδίων ή πιθανοτήτων, παρά τη προσπάθεια εύρεσης αυτών που γνωρίζουν όλους τους κανόνες και περιορισμούς. Οι μηχανικοί (μέσω της συμπεριφοράς ή του μέρους της σχέσης) αναγνωρίζουν τα όρια (κανόνες, περιορισμοί, προϋποθέσεις, κλπ.) που υποστηρίζουν τα διάφορα υποψήφια σχέδια.

3. Αισθητηριακές και Νοητικές Πτυχές: Μετά από την δημιουργική λειτουργία, ο κριτικός νους δρα πάλι (αριστερή πλευρά του εγκεφάλου). Κάθε υποψήφιο σύστημα αναλύεται λεπτομερώς για να αναγνωρίσει τη χρήση κρίσιμων τεχνολογιών και να καθορίσει τις προδιαγραφές του συστήματος. Κατά τη διάρκεια της λήψης της απόφασης, η ομάδα (ή ένας μηχανικός σχεδιαστής) εφαρμόζει βασικές αρχές μηχανικής για κάθε υποψήφιο σχέδιο με σκοπό να αναλύσει ή να υπολογίσει την δυνατότητα επίτευξής του και να προσδιορίσει την ποσότητα των MOMs του. Αυτό ολοκληρώνει έναν πλήρη κύκλο.

Κατά τη διάρκεια του επόμενου κύκλου, αλληλεπιδράσεις λαμβάνουν μέρος διαγώνια μεταξύ του δημιουργικού και κριτικού νου (βλέπε Σχήμα 18). Πρώτα, μεταξύ της αισθητηριακής και συναισθηματικής πτυχής και έπειτα μεταξύ της πτυχής ελέγχου και των νοητικών πτυχών:

- 4. Αισθητηριακές και Συναισθηματικές Πτυχές:** Κατά τη διάρκεια του δευτέρου κύκλου, το άτομο (μέσω μιας σύνθεσης των αισθητηριακών και συναισθηματικών πτυχών) χειραγωγεί την συμπεριφορά της ανάλυσης ευαισθησίας των οριοθετικών ιδιοτήτων που συζητήθηκαν νωρίτερα. Κάθε ανάλυση ευαισθησίας καθορίζει την επίπτωση των οριοθετικών ιδιοτήτων (όπως το μεταξόνιο, η γωνία κατεύθυνσης, κοκ) πάνω στα MOMs.
- 5. Έλεγχου και Συναισθηματικές Πτυχές:** Το δεύτερο σκέλος του κύκλου τελειώνει με την πτυχή του ελέγχου του δημιουργικού νου που συνεργάζεται με την νοητική πτυχή του κριτικού νου. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της σύνθεσης, η ομάδα (ή ο μηχανικός) εφαρμόζει τα MOMs σε όλες τις πραγματοποιήσιμες λύσεις που παρέχονται από τα συνεργαζόμενα μέρη του δημιουργικού νου. Το μέρος της λήψης απόφασης του κριτικού νου επιλέγει το καλύτερο σχέδιο, που συνήθως είναι ένας συμβιβασμός ανάμεσα στα αντικρουόμενα MOMs. Ο τύπος της πνευματικής δραστηριότητας αλλάζει καθώς η ομάδα κινείται από τη μια πτυχή του σχεδίου στην άλλη, από την αισθητηριακή στη νοητική, από του ελέγχου στη συναισθηματική, και ο κύκλος συνεχίζεται.

Η διαδικασία της ομαδικότητας (να μοιράζεσαι το νοητικό νου του καθενός) και της κοινής κατανόησης (γονιμοποίησης όλων των νοητικών μυαλών) είναι το φαινόμενο της ελάχιστης κατανόησης. Οι περισσότεροι μάνατζερ θεωρούν πρωτίστως την διαλειτουργική ομαδικότητα ένα ζήτημα διαχείρισης. Αν και η διαχείριση αποτελεί έναν μεγάλο καταλύτη στη δόμηση της ομάδας και στο κίνητρο, η «αποτελεσματική ομαδικότητα» είναι μια φυσική διαδικασία μιας ανεπίσημης ανθρώπινης διαδικτύωσης και η δημιουργία μιας νοοτροπίας (βαθιά κοινή κατανόηση) ανάμεσα στα μέλη. Έχει αποδειχτεί ότι η σύγκλιση (μια συλλογική νοοτροπία) μπορεί να κάνει θαύματα στην επίλυση προβλημάτων, τα οποία είναι αδύνατον να λυθούν μόνο με διαχειριστικό έλεγχο. Η σύγκλιση περιλαμβάνει την λήψη ειδικευμένης γνώσης από πολλαπλές πηγές και μορφοποίηση μιας καινούριας συλλογικής νοοτροπίας που επιτρέπει τις ομάδες να εργάζονται μαζί σε ένα βαθύτερο επίπεδο.

Το νοητικό μοντέλο δίνει μία ανθρώπινη συμπεριφορά στις ομάδες και στις καταστάσεις συνεργασίας. Τα περισσότερα CE περιβάλλοντα περιλαμβάνουν μια προσεκτική ενορχηστρωμένη συνεργασία ανάμεσα στις CE ομάδες και στις μηχανές. Τα μοντέλα πληροφορίας είναι ελλιπή χωρίς το κοινό πλαίσιο εργασίας της νοητικής κατανόησης. Δεν υπάρχουν προσδιορισμένα νοητικά μοντέλα για την προσαρμογή της ανθρώπινης συμπεριφοράς όπως οι διαφορετικές απόψεις, η σύλληψη της

αιτιολογίας της σκέψης και διάφορες νοοτροπίες για τη διαδικασία υλοποίησης του προϊόντος.

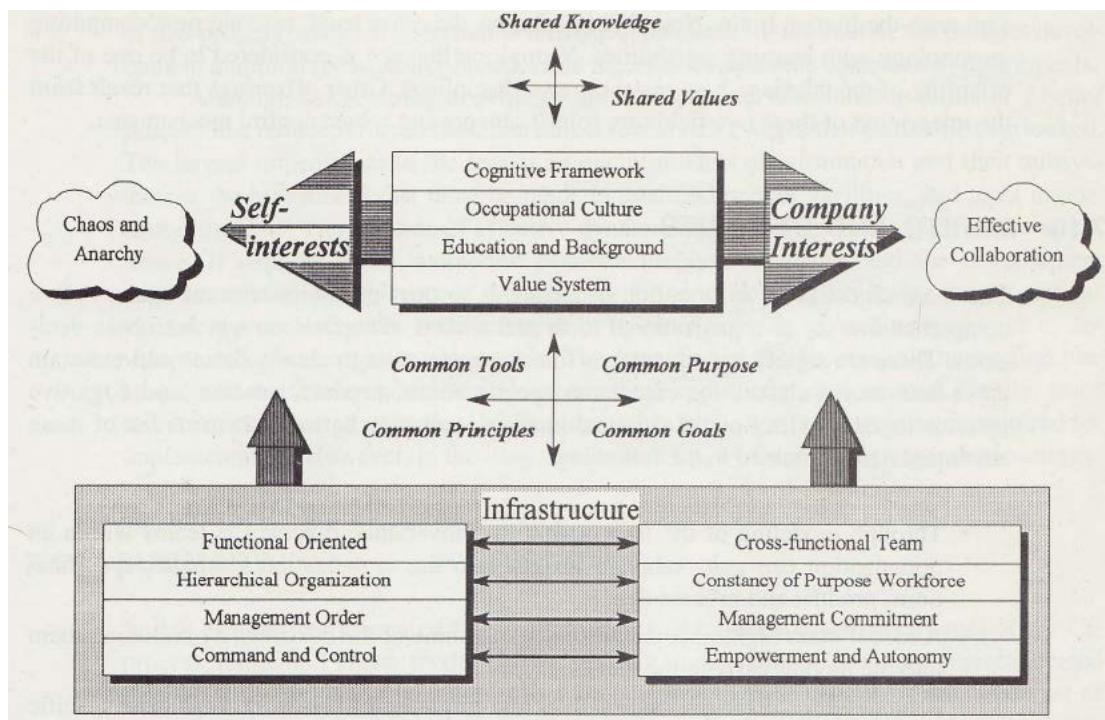
4.5.1 Μοντελοποίηση Συμπεριφοράς Συνεργασίας

Για την ανάπτυξη λύσεων με προσανατολισμένο στόχο και σταθερό σκοπό χρειάζεται ένα επιτυχημένο περιβάλλον συνεργασίας μεταξύ των ομάδων που συμμετέχουν και των μελών τους. Παρόλα αυτά δεν είναι εύκολη η μοντελοποίηση της νοητικής συμπεριφοράς μιας ομάδας εργασίας που διέπεται από συνεργασία, έχει κίνητρο και προσανατολισμένους στόχους. Τα συστήματα εξουσιοδότησης και επιβράβευσης βοηθούν στο να δίνουν κίνητρο στις ομάδες και να μετακινούν μερικά κοινά εμπόδια επικοινωνίας. Εφαρμόζοντας τέτοιες εργασίες μπορεί να μην είναι δύσκολο. Εντούτοις, η ανάπτυξη μιας συμπεριφοράς συνεργασίας σε μια ομάδα εργασίας με προσανατολισμένους στόχους αποτελεί μια πιο προκλητική εργασία, όταν αυτές σχετίζονται περισσότερο με τις πολιτιστικές και κοινωνικές ρίζες των μελών της ομάδας, που είναι πολύ δύσκολο να αλλαχθούν. Υπάρχουν μερικά πρότυπα συμπεριφοράς που βοηθούν περισσότερο στη συνεργασία από άλλα. Γνωρίζοντας και κατανοώντας τις διαφορές στα πρότυπα συμπεριφοράς, μπορούν να βοηθήσουν στην οργάνωση μιας καλύτερης ομάδας εργασίας. Τα πρότυπα συμπεριφοράς που επηρεάζουν την συνεργασία είναι τα ακόλουθα:

- Νοητικό Πλαίσιο Εργασίας
- Πολιτισμός της Εργασίας
- Εκπαίδευση και Υπόβαθρο
- Σύστημα Αξίας

Αυτό παρουσιάζεται στο Σχήμα 19. Το νοητικό πλαίσιο εργασίας ή φύση αποτελεί τον τρόπο σκέψης των μελών της ομάδας, και δρα κατά τη διάρκεια της λήψης της απόφασης. Σε ορισμένους ανθρώπους, συγκεκριμένες νοητικές ικανότητες τείνουν να είναι πιο ανεπτυγμένες από άλλους αφού χρησιμοποιούν περισσότερο το ένα εγκεφαλικό ημισφαίριο από το άλλο. Άνθρωποι με δημιουργικά μυαλά χρησιμοποιούν πρωτίστως το δεξί ημισφαίριο σε αντίθεση με αυτούς που έχουν κριτικά και αναλυτικά μυαλά και χρησιμοποιούν πρωτίστως το αριστερό. Σπανίως, υπάρχουν άνθρωποι που χρησιμοποιούν αποκλειστικά ένα από τα δύο ημισφαίρια. Πιο συχνά είναι στο μεσοδιάστημα, ενδεχομένως έχοντας κλίση προς το ένα μέρος σε σχέση με το άλλο. Για παράδειγμα, οι μηχανικοί έχουν γενικά πιο ανεπτυγμένο το αριστερό ημισφαίριο, όταν οι σχεδιαστές έχουν πιο πολύ το δεξί. Ο

ανθρώπινος πολιτισμός ανήκει στην συναισθηματική πτυχή ενός δημιουργικού μυαλού. Ο πολιτισμός της εργασίας και της οργάνωσης αναφέρεται σε μια κοινή παράδοση λειτουργικά προσανατολισμένων τομέων στους οποίους η εργασία είναι πιο συχνά σαν «βαθιά ριζωμένες δραστηριότητες ρουτίνας». Όταν οι ομάδες εργασίας μεταφέρονται μαζί σε μια CE ρύθμιση, έχοντας αρχικά διαφορετικούς εργασιακό πολιτισμό, έχουν μια οριοθετημένη και συχνά περιορισμένη άποψη. Συχνά, αυτό έχει κληρονομηθεί από παραδείγματα «εκ γενετής όψης» που δημιουργούν οργανωτικές και πολιτιστικές συγκρούσεις. Οι διαφορές στο εκπαιδευτικό υπόβαθρο των μελών μιας ομάδας εργασίας έχουν αποτέλεσμα επίσης στη διαφοροποίηση «σκέψεων», δημιουργώντας περισσότερες πιθανότητες σύγκρουσης. Κάθε μέλος της ομάδας μπορεί να έχει το δικό του σύστημα αξίας, εξαρτώντας πάνω σε τι πιστεύει η κάθε ομάδα. Κάποιο μέλος μπορεί να έχει μεγαλύτερη πίστη σε μια περιοχή από άλλες.



Σχήμα 19: Πρότυπα συμπεριφοράς που επηρεάζουν την συνεργασία (Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals).

Είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι τα παραπάνω θεμέλια συμπεριφοράς είναι η δύναμη που δημιουργεί τα δυνατά νοητικά μυαλά. Η νόηση αποτελεί μία χρήσιμη ανθρώπινη πηγή από τότε που περιλαμβάνει την νοημοσύνη η οποία διαχωρίζει το καλό από το κακό. Παραπάνω, ο νοητικός νους αναφέρθηκε κυρίως από την άποψη της χρήσης του σε προσωπικό επίπεδο. Θα είναι επιθυμητό

να αναπτύξουμε το ίδιο επίπεδο της νοημοσύνης εφαρμόζοντας το πάνω στο επίπεδο της εταιρίας, αντί σε προσωπικό επίπεδο. Με αυτό τον τρόπο, οι ομάδες θα είναι ικανές να διανέμουν το ίδιο επίπεδο ενθουσιασμού και αφιέρωσης που υπάρχει στο προσωπικό επίπεδο. Όλα τα παραπάνω πλαίσια συμπεριφοράς αποτελούν σημαντικά συστατικά στη δημιουργία μιας επιτυχής εταιρίας. Για παράδειγμα, ένα σύστημα αξίας το οποίο βασίζεται στα ενδιαφέροντα των υπαλλήλων, πελατών και της εταιρίας θα είναι θετικό να υπάρχει. Ομοίως, η κουλτούρα της εταιρίας που είναι πλήρως προσανατολισμένη προς την δόμηση των δυνατών σημείων κάθε μέλους, ομάδας, τομέα και κατηγορίας της εταιρίας, θα είναι απόλυτα θετικό να συμβαίνει. Οι πολιτιστικές απόψεις των ομάδων, οι οποίες βασίζονται στις «τοπικές ή μητρικές ανάγκες», είναι επιβλαβείς, αλλά αναπτύσσοντας μια πολιτιστική άποψη που θα είναι ευνοϊκή ως προς τα γενικά ή τα ενδιαφέροντα της εταιρίας, θα αποτελεί μια σωστή χρήση της κουλτούρας – πολιτισμού. Αυτό θα χρειάζεται μια κουλτούρα στην οποία οι ομάδες εργασίας θα φέρνουν τις δικές τους επαγγελματικές ή διαιρέσιμες «μητρικές απόψεις», για να καθορίσουν δεδομένα εξαγωγής που βασίζονται σε μια «γενική αίσθηση προτεραιοτήτων» ή «σταθερών σκοπών».

4.5.2 Εικονική Νοημοσύνη

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχουν γίνει ορισμένοι παράλληλοι πρόοδοι σε δύο σαφείς επιστημονικούς κλάδους: η ασαφής λογική και τα νευρωνικά δίκτυα. Η ασαφής λογική, όπως υποδηλώνει το όνομά της, παρέχει μια αναλυτική βάση για την εξομοίωση συγκεκριμένων αντιληπτικών και γλωσσικών ιδιοτήτων που σχετίζονται με το ανθρώπινο μυαλό. Τα νευρωνικά δίκτυα, από την άλλη μεριά, αποτελούν μια νέα υπολογιστική μορφολογία με ικανότητες εκμάθησης. Η εικονική νοημοσύνη έχει μελετηθεί για να είναι ένας από τους απογόνους του γάμου μεταξύ των δύο επιστημονικών κλάδων. Ένας άλλος απόγονος είναι αξιόπιστοι αισθητήρες και οι αξιόπιστοι μηχανισμοί ελέγχου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Το κύριο αντικείμενο της μοντελοποίησης της πληροφορίας είναι η παροχή των CE ομάδων ενός αναλυτικού συνόλου οργανωτικών εργαλείων και μιας κατηγορίας μοντέλων στις οποίες θα βασίζονται οι αποφάσεις. Υπάρχουν ενδεικτικά πλεονεκτήματα σε μια οργάνωση για να καθορίσει ξεκάθαρα και να συντηρήσει τα μέχρι σήμερα μοντέλα για την επιχείρηση, τις προδιαγραφές, το προϊόν, την

διαδικασία και τα νοητικά συστήματα με ροή δεδομένων και ανταλλαγή υλικών μεταξύ τους. Μια λίστα με τα πλεονεκτήματα που περιλαμβάνονται είναι η παρακάτω:

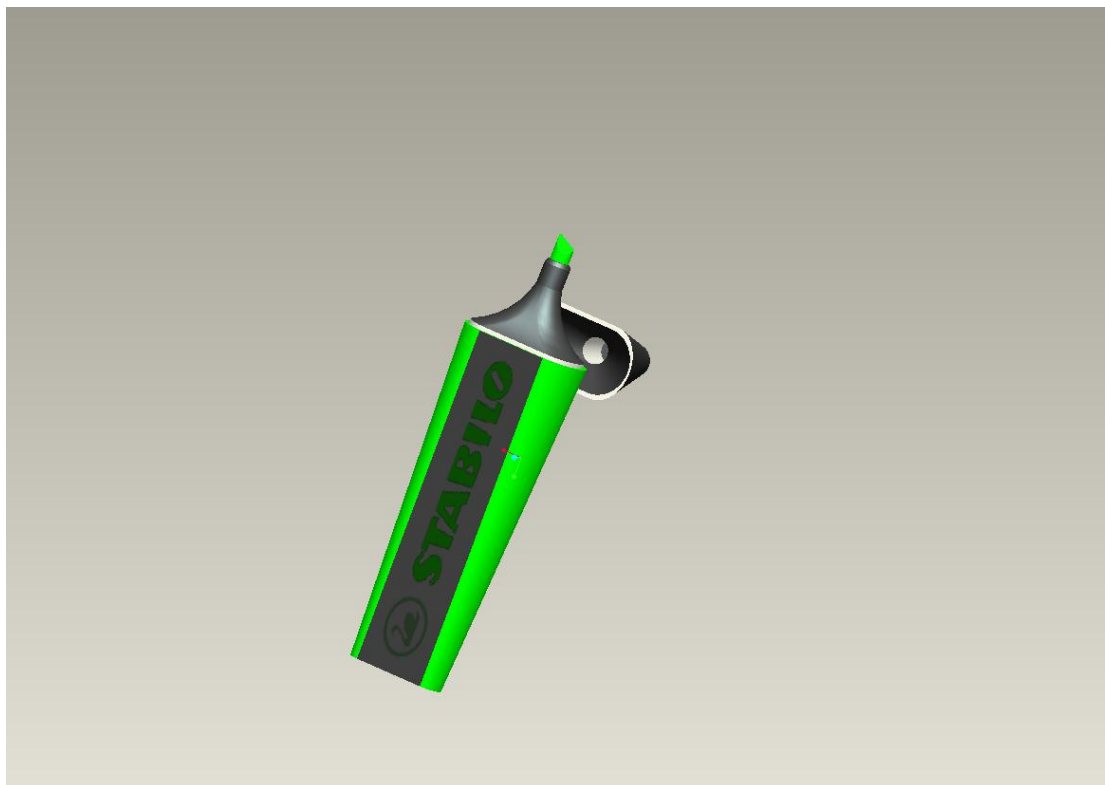
- Μέσω της μοντελοποίησης της πληροφορίας σε κατηγορίες, ποικίλες ομάδες CE μέσα σε μια οργάνωση μπορούν να κερδίσουν πολύτιμη διορατικότητα πάνω στην οργανωτική δομή, τις προδιαγραφές, το προϊόν και τις λεπτομέρειες διαδικασίας.
- Ένα μοντέλο επισημαίνει τις δυσκολίες μερικών αποφάσεων με τη συμπερίληψή τους σε μοντέλα νωρίς στο παιχνίδι.
- Ένα μοντέλο επισημαίνει εναλλακτικές λύσεις και παρέχει ένα πλαίσιο εργασίας για περαιτέρω πράξεις σχεδίασης στο μέρος διαφόρων CE ομάδων.
- Η ανάπτυξη μια βιομηχανοποιημένης βάσης δεδομένων ενός υποκατάστατου προϊόντος ως μέρος του μοντέλου διαδικασίας, διευκολύνει την δημιουργία μιας ποικιλίας ρεαλιστικών (στρατηγικών) βιομηχανοποιημένων – κατασκευαστικών μελετών.
- Ένα άλλο πλεονέκτημα του προσδιορισμού του μοντέλου είναι η ικανότητα του συστήματος να αναγνωρίζει και να χειρίζεται τις αλληλεπιδράσεις κατηγορηματικά ανάμεσα σε διάφορα στοιχεία της διαδικασίας υλοποίησης τους προϊόντος.
- Η «εστίαση στον πελάτη» έχει γίνει το κύριο θέμα καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος και μορφοποιεί τη βάση του προσδιορισμού της αποστολής.
- Η προοπτική ενός ολοκληρωμένου συστήματος με όρους ενός μοντέλου οδηγεί σε μια κοινή και συνεπή κατανόηση του προϊόντος και των χαρακτηριστικών του.
- Το πιο σημαντικό είναι ότι ξεκάθαρα αναγνωρίζει το επιθυμητό αποτέλεσμα των βημάτων υλοποίησης του προϊόντος πριν ξεκινήσει η εκτέλεση. Αυτό υποχρεώνει αυτόματα σε συμμετοχή και buy-in από όλα τα επηρεαζόμενα CE πρόσωπα για να συμφωνήσουν σε ένα προηγούμενο αναγνωρισμένο σύνολο CE αντικειμένων, όταν επίσης γίνεται ο προσδιορισμός της παρακολούθησης και της έγκρισης πλάνου για την συνάντηση αυτών των αντικειμένων.

Αυτό οδηγεί σε ευκαιρίες για συνεχή βελτίωση της διαδικασίας παρέχοντας την ικανότητα να προβλέπει πώς οι αλλαγές στην CE δομή ή οι αλλαγές στα βήματα του συστήματος του πληροφοριακού μοντέλου επηρεάζουν το προϊόν ή τις αποδόσεις της διαδικασίας. Αποτελεί μια χρήσιμη φιλοσοφική προσέγγιση για τη μείωση του χρόνου που θα βγει στην αγορά το νέο προϊόν. Το τελικό αποτέλεσμα αυτής της

προσέγγισης της διαδικασίας κατηγοριοποίησης γίνεται για την μείωση της διάρκειας και του κόστους της ανάπτυξης του προϊόντος και παράγει ένα ποιοτικό προϊόν που ανταποκρίνεται και υπερβαίνει τις απαιτήσεις του πελάτη.

Αν και τα δυναμικά οφέλη αυτής της προσέγγισης είναι υπαρκτά από την άποψη ενός καλύτερου προϊόντος με μειωμένο συνολικό κόστος, υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα που δεν μπορούν να παραβλεφθούν. Το μεγαλύτερο εμπόδιο στη χρήση των κομπιούτερ μοντέλων πληροφορίας και των υποσυστημάτων τους είναι η επένδυση που πρέπει να γίνει πάνω στα αρμόδια πρόσωπα, στις εγκαταστάσεις και πιο σημαντικά στον χρόνο. Η δημιουργία των δυναμικών μοντέλων επίσης χρειάζεται πολύ υπομονή. Χρειάζεται στενή συνεργασία μεταξύ του αναλυτή συστήματος και του μηχανικού ανάπτυξης για να βελτιώνεται συνεχώς η ακρίβεια του μοντέλου. Εφαρμόζοντας αυτή τη διαδικασία κατηγοριοποίησης σε μοντέλα χρειάζεται μια επένδυση στην εκ των προτέρων ανάλυση καθώς και πηγές για την ανάπτυξη ή απόκτηση εργαλείων με τη βοήθεια υπολογιστή. Η διατύπωση της διαδικασίας κατηγοριοποίησης μπορεί να θεωρηθεί περιοριστική και ανασταλτική, ειδικά αν εφαρμοσθεί λανθασμένα. Τέλος, από τότε που απεικονίζει μια αλλαγή στην φιλοσοφία υλοποίησης του προϊόντος, χρειάζεται σημαντική εκπαίδευση για την εφαρμογή. Παρόλα αυτά, μακροπρόθεσμα, τα οφέλη υπερτερούν των μειονεκτημάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΝΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ – ΜΑΡΚΑΔΟΡΟΣ ΥΠΟΓΡΑΜΜΙΣΗΣ



Η βασική αρχή που χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή είναι η δεύτερη βαθμίδα των δομικών στοιχείων της μοντελοποίησης της πληροφορίας, δηλαδή τα Σχήματα της Ενιαίας Μοντελοποίησης. Όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 3.2 ένα μηχανολογικό αντικείμενο, πιο συγκεκριμένα ο μαρκαδόρος υπογράμμισης, καθορίζεται από τρεις προδιαγραφές:

Γεωμετρική προδιαγραφή μαρκαδόρου

- Μέρη: Καπάκι, βάση – κορμός.
- Υλικά: Σκληρό πλαστικό (ανθεκτικό), υγρό χρώμα, ειδικός σπόγγος στην άκρη του μαρκαδόρου.
- Χαρακτηριστικά: Έντονο χρώμα.

Προδιαγραφή φυσικής συμπεριφοράς

- Ιδιότητες κανονικού μαρκαδόρου, δηλαδή γράφει πάνω στο χαρτί.
- Σχήμα κανονικού μαρκαδόρου, δηλαδή για χειροκίνητη χρήση.

- Σχήμα τέτοιο ώστε να χωράει στη μολυβοθήκη, τσάντα, τσέπη, δηλαδή για εύκολη μεταφορά.

Λειτουργική προδιαγραφή

- Έντονο χρώμα για να ξεχωρίζει, δηλαδή να γίνεται εύκολα αντιληπτό καθώς θα κάνει αντίθεση με το λευκό χρώμα του χαρτιού.
- Ιδιότητα του να υπογραμμίζει τις λέξεις χωρίς να τις σβήνει.
- Εργονομικός σχεδιασμός, παχύς και κοντός ώστε να ξεχωρίζει από τους υπόλοιπους μαρκαδόρους.
- Έντονη καθαρότητα του χρώματος, δηλαδή να μην αλλοιώνεται από τον χρόνο.
- Καπάκι για να διατηρείται η απαιτούμενη υγρασία του σπόγγου.
- Είναι μίας χρήσης, δηλαδή δεν παίρνει ανταλλακτικό.

Στη συνέχεια ο γεωμετρικός προσδιορισμός θα γίνει με χρήση προγράμματος Pro engineer Wildfire 4.0 σε τρισδιάστατη μορφή δεδομένων διαστάσεων. Η επιλογή αυτού του προγράμματος έγινε διότι έχει εύκολη πρόσβαση και τηρεί όλες τις προδιαγραφές που αναφέρονται στο κεφάλαιο 3 για να σχεδιαστεί ένα προϊόν. Επίσης, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του μαρκαδόρου δεν καθορίζονται από την ομάδα σχεδίασης. Πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι διαστάσεις που μας δόθηκαν είναι σε mm, οπότε οι διατάσεις σχεδιασμού θα δίνονται σε αυτή τη κλίμακα. Οι σχεδιαστικές απαιτήσεις είναι:

- Κάθε οριζόντια τομή της παράπλευρης επιφάνειας είναι κυρτή, G^2 συνεχής καμπύλη.
- Το τμήμα ΑΒΓΔ της παράπλευρης επιφάνειας είναι επίπεδο.

Η κατηγορία μοντέλου που προσεγγίζεται στην εφαρμογή είναι ένα μοντέλο διαδικασίας. Στο μοντέλο αυτό εφαρμόζεται η Group Technology που βελτιώνει την αποτελεσματικότητα με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους των παραγόμενων κομματιών και η διαδικασία σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή που αφορά την ομάδα σχεδιασμού και αναλύεται εκτενώς παρακάτω. Τέλος θα γίνει η μοντελοποίηση και προσομοίωση μέσω υπολογιστή και τα NC μοντέλα μηχανικής επεξεργασίας θα μετατρέψουν το CAD σχέδιο σε μια σειρά από επιφάνειες για CAM επεξεργασία και θα δώσουν οδηγίες για την πραγματική μηχανική επεξεργασία των

κομματιών. Υπάρχουν κάποιοι παράμετροι που επηρεάζουν την ακρίβεια την τελικής απόδοσης του αντικειμένου, δηλαδή του μαρκαδόρου:

- Επιφανειακή προσέγγιση που σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη ακρίβεια έχει η περιγραφόμενη επιφάνεια μέσω του σχεδίου, τόσο θα προσεγγίζει την πραγματική επιφάνεια.
- Ανοχή που σημαίνει ότι η μεγαλύτερη ακρίβεια εξαρτάται από την καλύτερη μηχανική ανοχή.
- Τύποι κοπής που στη συγκεκριμένη περίπτωση γίνεται χρήση τρισδιάστατης εργαλειομηχανής.
- Όρια κοπής που οριοθετούν αν η επιφάνεια είναι εντός ή εκτός ορίων.
- Επιλογή εργαλείου που σημαίνει ότι χρησιμοποιείται ένα τυποποιημένο εργαλείο.
- Παράμετροι υλικού που περιλαμβάνουν τον ρυθμό τροφοδοσίας, βύθισης και την ταχύτητα της ατράκτου.

6.1 Βασικά Χαρακτηριστικά του Pro engineer Wildfire 4.0

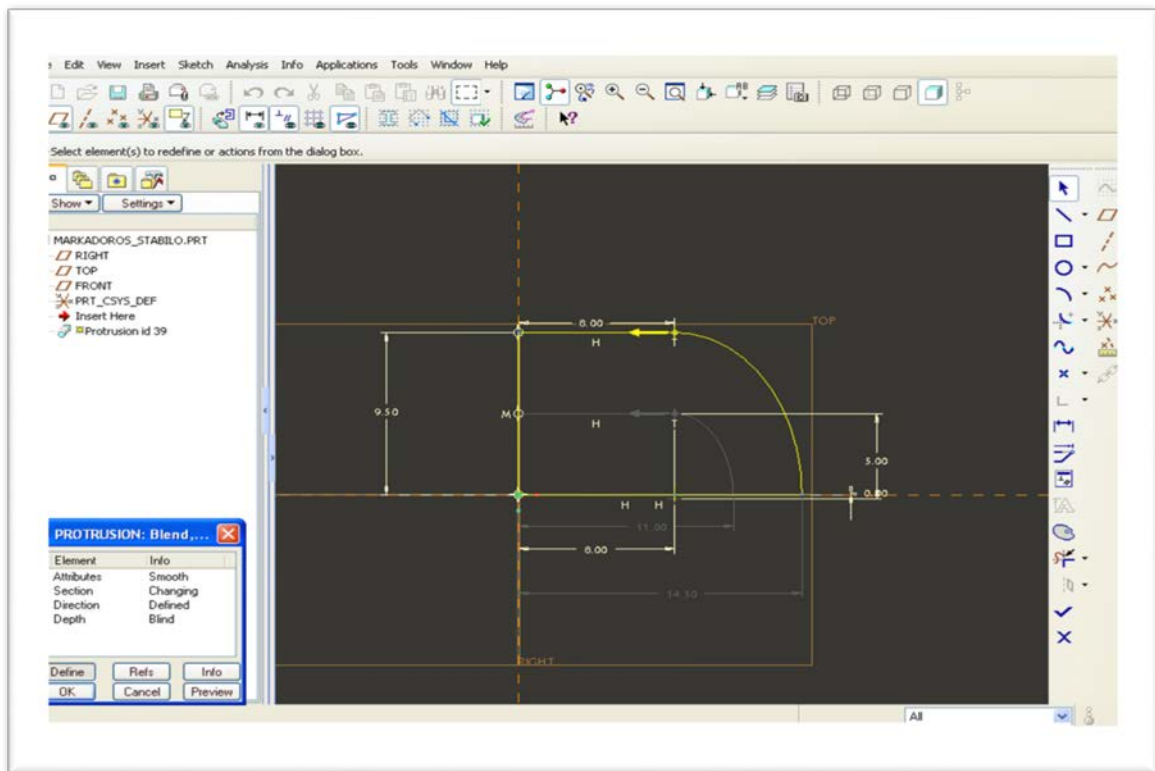
- Πρέπει να έχει τυποποιημένη και ανοιχτή αρχιτεκτονική. Πρέπει να δέχεται πολύ εύκολα και χωρίς προβλήματα λογισμικό τρίτων εταιριών, καθώς και διάφορα περιφερειακά.
- Πρέπει να υπάρχουν δυνατότητες μοντελοποίησης. Στα περισσότερα εμπορικά λογισμικά υπάρχουν τρεις μέθοδοι μοντελοποίησης: συρματική (προβολή ακμών), επιφανειακή και στερεά μοντελοποίηση. Στη περίπτωση του Pro engineer έχουμε στερεά μοντελοποίηση.
- Απαιτείται δυνατότητα εναλλαγής μεταξύ διαφόρων συστημάτων συντεταγμένων, για ευκολότερη αναπαράσταση των μοντέλων.
- Για τη μεταφορά δεδομένων από ένα σύστημα σε ένα άλλο, πρέπει να υπάρχει η απαραίτητη τυποποίηση της μορφής των δεδομένων για τα γραφικά.
- Το λογισμικό πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε ο χρήστης να αφιερώνει περισσότερο χρόνο στο σχέδιο παρά στην εισαγωγή εντολών.
- Το πλήθος των απαραίτητων βημάτων για την ενεργοποίηση μιας εντολής πρέπει να είναι όσο τον δυνατόν μικρότερο.
- Κάθε εντολή που μπορεί να επηρεάσει τη βάση δεδομένων πρέπει να έχει προστασία απέναντι σε κάθε προσπάθεια αλλαγής των παραμέτρων της.

- Οι μπάρες εντολών πρέπει να είναι σχεδιασμένες για εύκολη πρόσβαση από τον χρήστη.
- Ένα πλήθος εντολών θα πρέπει να είναι προσβάσιμο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης άλλων εντολών, χωρίς να επηρεάζεται η διαδικασία εκτέλεσης των τελευταίων.
- Ο σχεδιασμός του περιβάλλοντος εργασίας του συστήματος πρέπει να είναι φροντισμένος, τακτοποιημένος και απλός.

Το κομμάτι που αναλύεται στο παράδειγμα αφορά την διαδικασία σχεδίασης μέσω υπολογιστή.

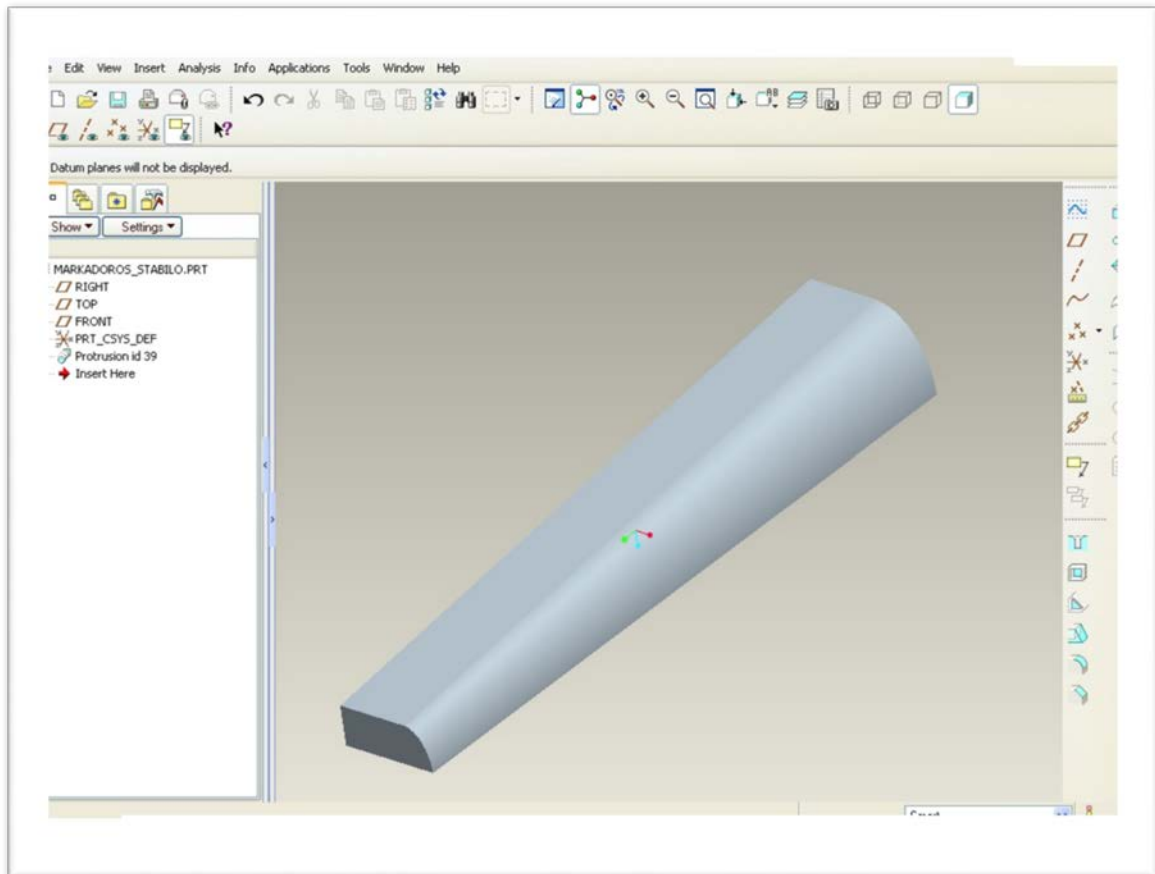
6.2 Διαδικασία Σχεδίασης

Το πρώτο βήμα για τη σχεδίαση του μαρκαδόρου αποτελεί η σχεδίαση του κορμού. Για τη σχεδίαση του κορμού χρησιμοποιήθηκε η εντολή Blend η οποία μπορεί να ενώσει 2 διατομές. Οι 2 διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι η πάνω βάση του κορμού και η κάτω βάση δεδομένων διαστάσεων. Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής. Από το menu πατάμε insert- blend – protrusion, στη συνέχεια παρουσιάζεται το menu attributes και επιλέγουμε smooth και ως επιφάνεια σχεδιασμού την top. Μετά από αυτό το στάδιο ακολουθεί το περιβάλλον σχεδίασης (sketch). Για να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση του κορμού η σχεδίαση έγινε στο ένα τεταρτημόριο και στη συνέχεια με 2 mirror στους αντίστοιχους άξονες συμμετρίας μπορεί να εμφανιστεί ολόκληρο το κομμάτι. Μέσα στο sketch δίνουμε τις διατάσεις όπως φαίνονται στην Εικόνα 14.



Εικόνα 14: Sketch (περιβάλλον) και η δημιουργία του ενός τεταρτημορίου.

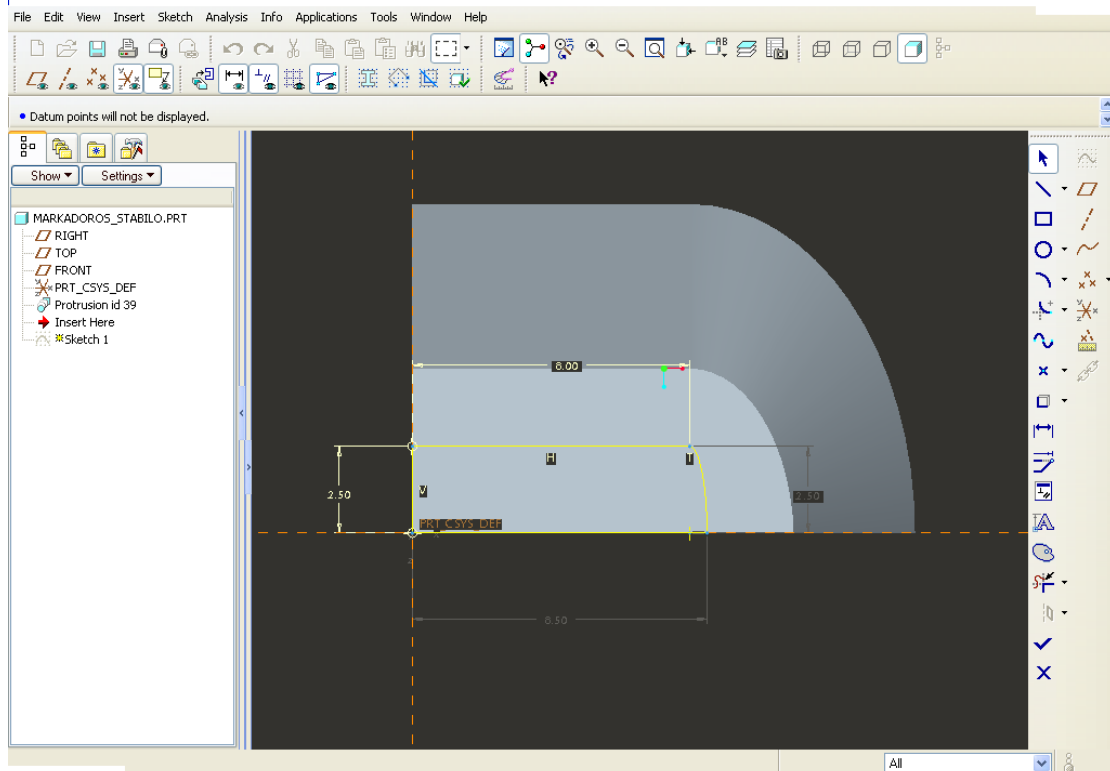
Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά από κάθε σχεδίαση κάποιας διατομής απαιτείται η χρήση της εντολής Toggle section με δεξί κλικ από το ποντίκι, έτσι το πρόγραμμα αντιλαμβάνεται ότι οι διατομές αυτές βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους. Η τελευταία διατομή δεν απαιτεί Toggle section. Η καμπύλη δημιουργήθηκε με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς. Για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, ανοίγει ένα παράθυρο που σε κάποιο σημείο αναγράφει plot, εκεί πατάμε Curvature. Έτσι κάθε τομή των επιφανειών θα είναι κυρτή G^2 συνεχής καμπύλη. Πατάμε το \surd ακολουθεί ένα παράθυρο στο οποίο δίνουμε τη φορά που θα έχει το blend με flip και στ συνέχεια ζητείται η απόσταση που θα έχουν οι διατομές μεταξύ τους. Δίνουμε τη τιμή 78 και πατάμε ok στο menu του blend. Η σχεδίαση πρέπει να είναι η παρακάτω (Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Δημιουργία καμπυλότητας.

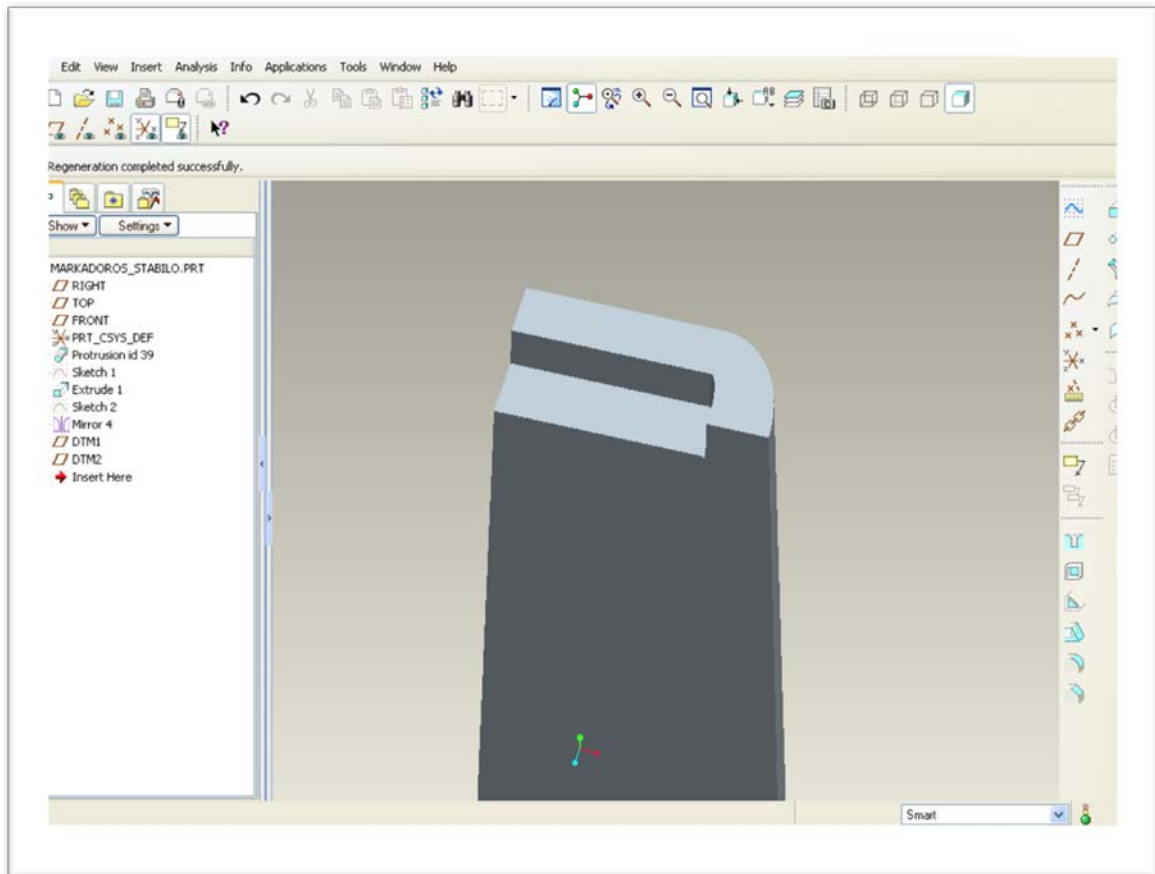
6.3 Κοπή στην Κάτω Βάση του Κορμού

Η διαδικασία αυτή γίνεται πιο απλά ως εξής: Ανατρέχουμε στο περιβάλλον σχεδίασης (sketch) και σχεδιάζουμε όπως ακριβώς κάναμε στο προηγούμενο βήμα δηλαδή σχεδιάζουμε στο ένα τεταρτημόριο. Οι διαστάσεις και η διαδικασία παρουσιάζονται στην Εικόνα 16.

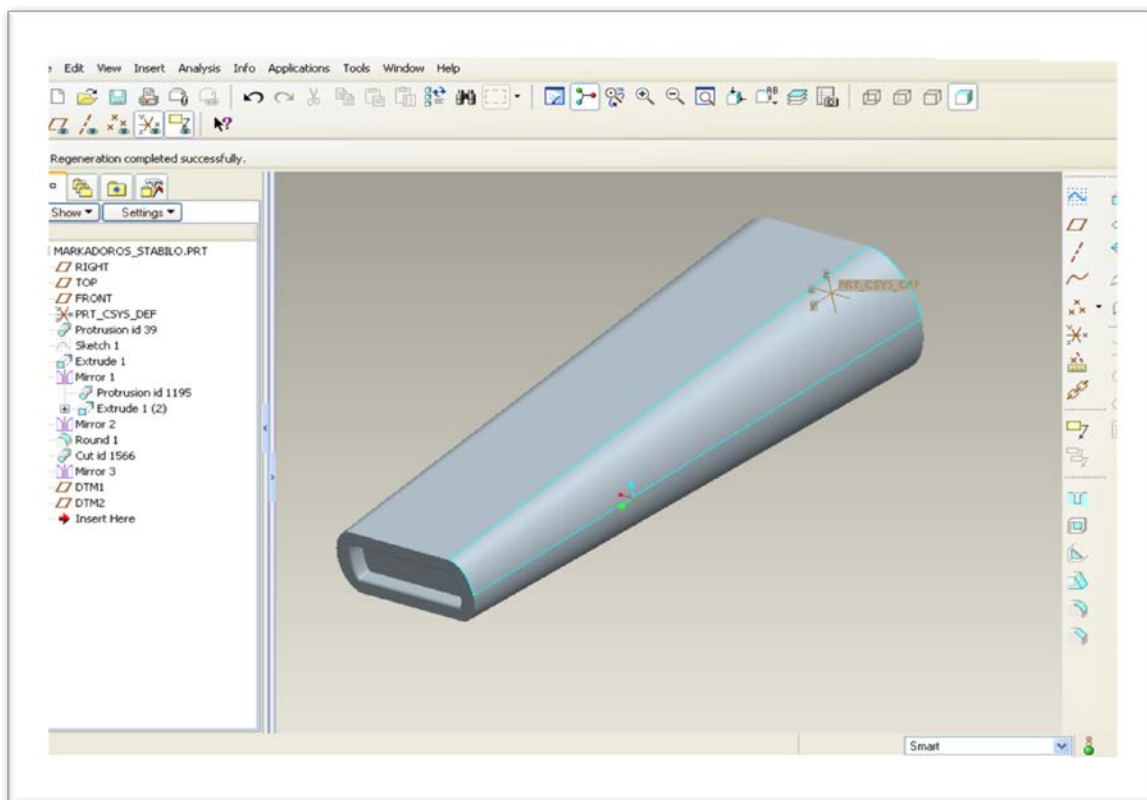


Εικόνα 16: Διαδικασία κοπής.

Η καμπύλη δημιουργήθηκε με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς. Για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, ανοίγει ένα παράθυρο που σε κάποιο σημείο αναγράφει plot, εκεί πατάμε Curvature. Έτσι κάθε τομή των επιφανειών θα είναι κυρτή G^2 συνεχής καμπύλη. Πατάμε ok και στη συνέχεια με την εντολή extrude (εξώθηση) και με την κατάλληλη εντολή για κόψιμο κόβουμε την τομή που σχεδιάσαμε σε βάθος 2 mm. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 17. Στη συνέχεια με την εντολή mirror πραγματοποιείται ολόκληρη η σχεδίαση του κορμού έχοντας ως άξονα συμμετρίας τη Right datum και στη συνέχεια παίρνοντας όλο το κομμάτι που δημιουργήθηκε mirror ως προς την front. Για λόγους καλαισθησίας χρησιμοποιήθηκε ένα round στο σημείο κοπής. Η Εικόνα 18 παρουσιάζει το αποτέλεσμα.



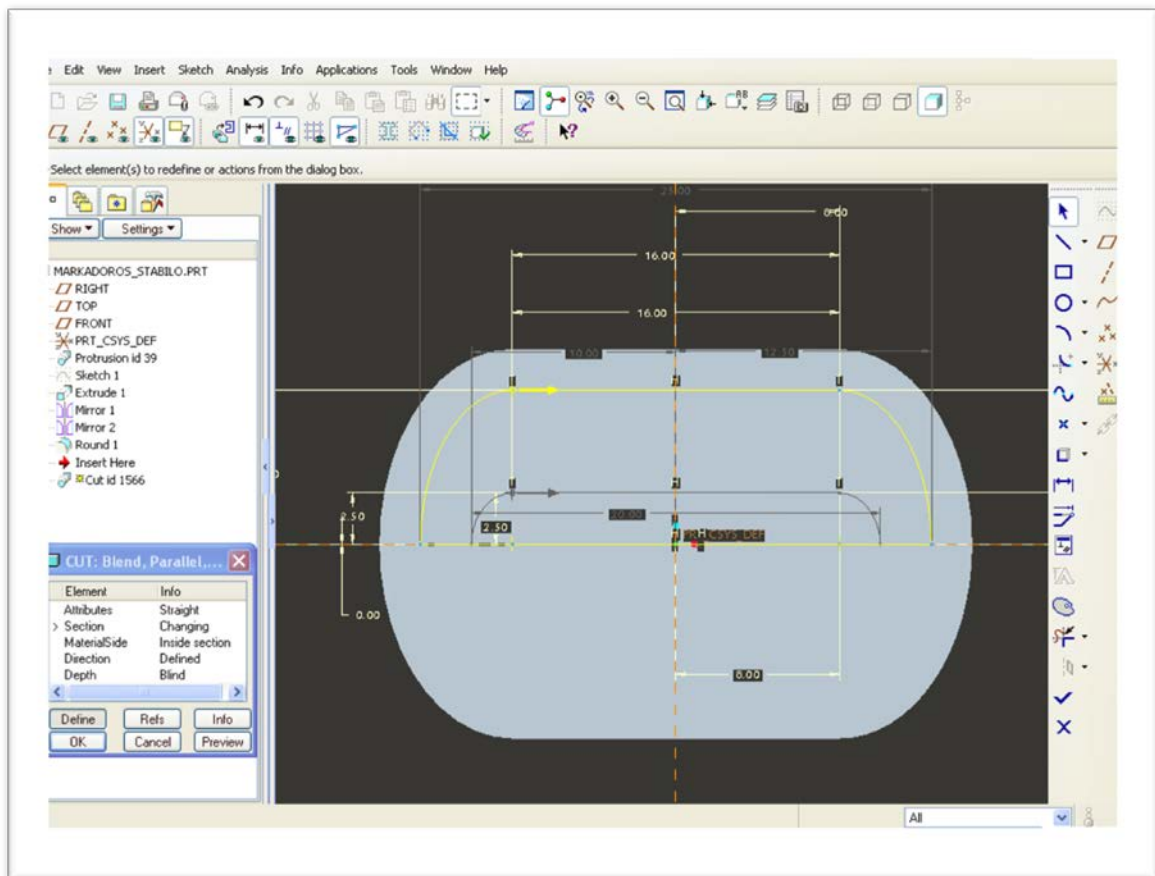
Εικόνα 17: Κόψιμο σε βάθος τομής.



Εικόνα 18: Ολόκληρη σχεδίαση κορμού.

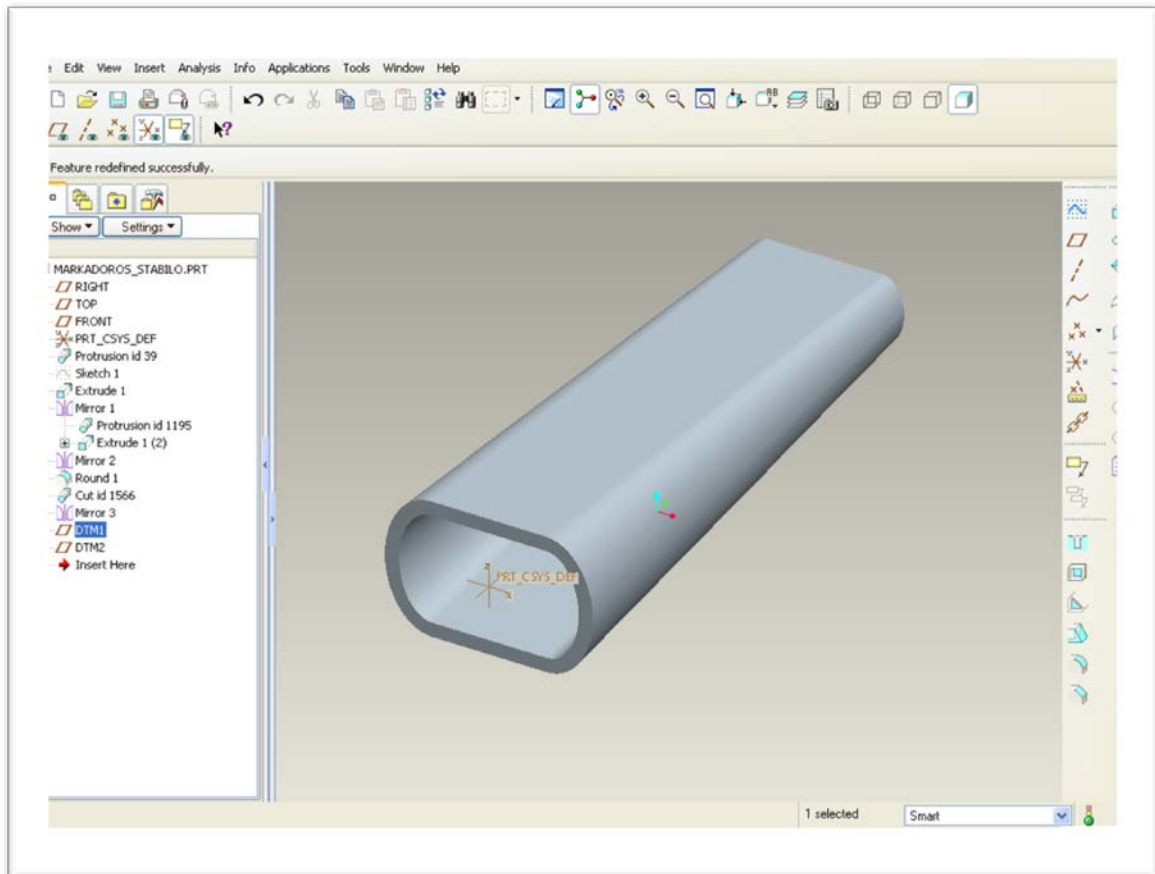
6.4 Κοπή στο Εσωτερικό του Κορμού

Για την κοπή υλικού στο εσωτερικό του κορμού χρησιμοποιήθηκε και πάλι η εντολή Blend-cut η οποία μπορεί να αφαιρέσει υλικό σε βάθος 2 διατομών. Οι 2 διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι η πάνω βάση του κορμού και μια βάση τυχαίων διαστάσεων διατομή μιας και το στάδιο αυτό ήταν προαπαιτούμενο. Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής: Από το menu πατάμε insert- blend – cut, στη συνέχεια παρουσιάζεται το menu attributes και επιλέγουμε smooth και ως επιφάνεια σχεδιασμού την top. Μετά από αυτό το στάδιο ακολουθεί το περιβάλλον σχεδίασης (sketch). Για να γίνει πιο εύκολη η αφαίρεση του υλικού η σχεδίαση έγινε στο μισό και στη συνέχεια με 1 mirror στον αντίστοιχο άξονα συμμετρίας μπορεί να εμφανιστεί ολόκληρο το κομμάτι. Μέσα στο sketch δίνουμε τις διατάσεις όπως φαίνονται στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19: Διαστάσεις για κοπή στο εσωτερικό του κορμού.

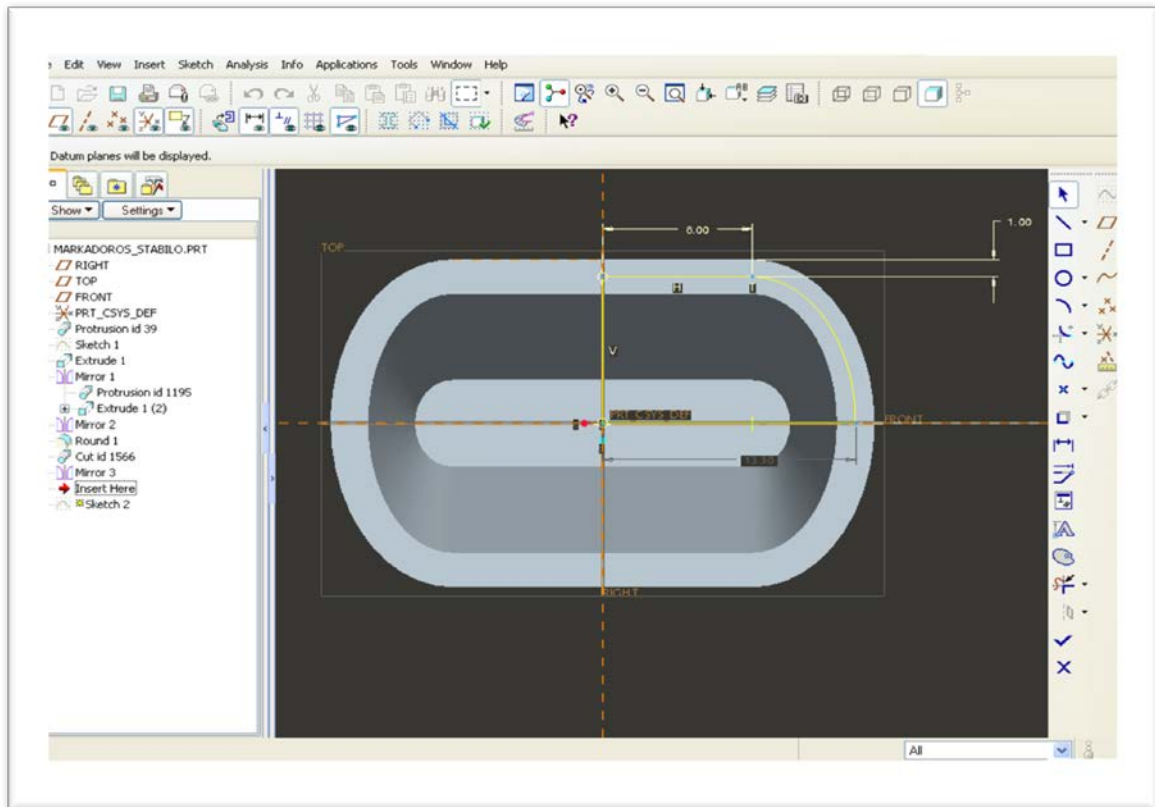
Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά από κάθε σχεδίαση κάποιας διατομής απαιτείται η χρήση της εντολής Toggle section με δεξί κλικ από το ποντίκι, έτσι το πρόγραμμα αντιλαμβάνεται ότι οι διατομές αυτές βρίσκονται σε απόσταση μεταξύ τους. Η τελευταία διατομή δεν απαιτεί Toggle section. Η καμπύλη δημιουργήθηκε με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς. Για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, ανοίγει ένα παράθυρο που σε κάποιο σημείο αναγράφει plot, εκεί πατάμε Curvature. Έτσι κάθε τομή των επιφανειών θα είναι κυρτή G^2 συνεχής καμπύλη. Πατάμε το $\sqrt{\quad}$ ακολουθεί ένα παράθυρο στο οποίο δίνουμε τη φορά που θα έχει το blend με flip και στη συνέχεια ζητείται η απόσταση που θα έχουν οι διατομές μεταξύ τους. Δίνουμε τη τιμή 75 και πατάμε ok στο menu του blend. Στη συνέχεια κάνουμε mirror με άξονα συμμετρίας τη front ώστε να σχηματιστεί και στο άλλο μισό η κοπή και τελικά το αποτέλεσμα της σχεδίασης πρέπει να είναι το παρακάτω (Εικόνα 20).



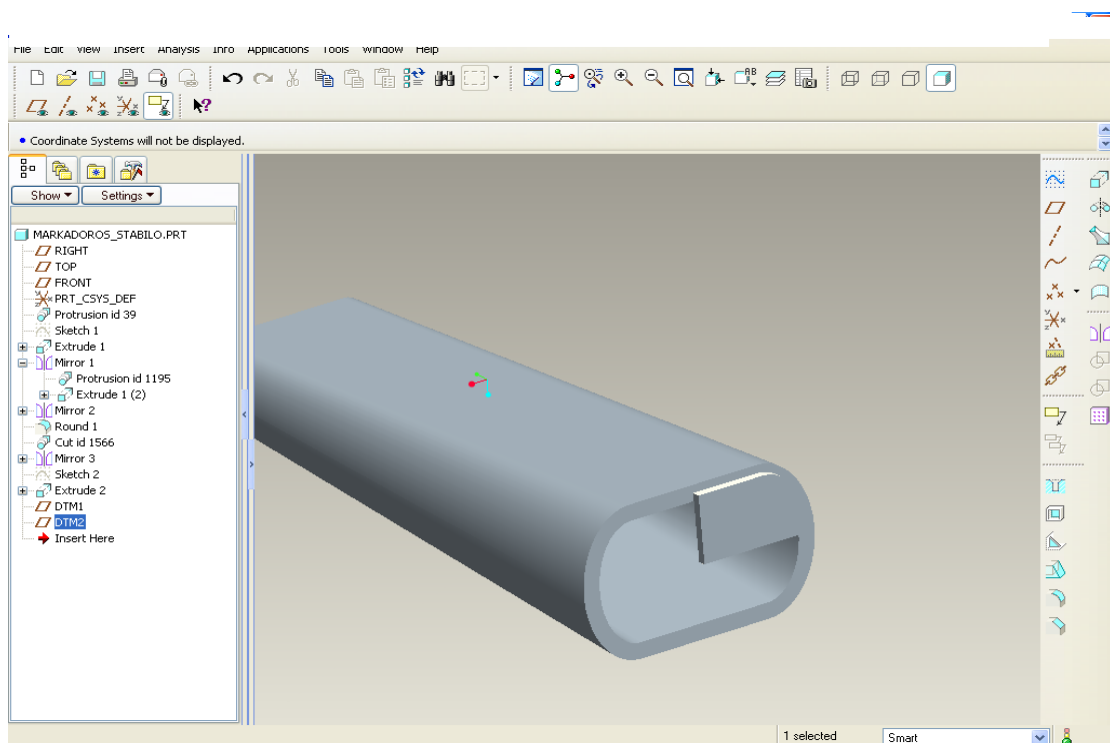
Εικόνα 20: Εσωτερική κοπή κορμού.

6.5 Σχεδίαση της Επιφάνειας που Ξεκινά ο Λαιμός

Η διαδικασία αυτή γίνεται πιο απλά ως εξής: Ανατρέχουμε στο περιβάλλον σχεδίασης (sketch) και σχεδιάζουμε μια τομή στο ένα τεταρτημόριο δεδομένων διαστάσεων. Η σχεδίαση στο ένα τεταρτημόριο έγινε για λόγους ευκολίας. Οι διαστάσεις και η διαδικασία παρουσιάζονται στην Εικόνα 21. Στη συνέχεια με την εντολή extrude κάνουμε εξώθηση υλικού σε βάθος 1mm και έτσι σχεδιάζεται το $\frac{1}{4}$ της επιθυμητής επιφάνειας (Εικόνα 22).

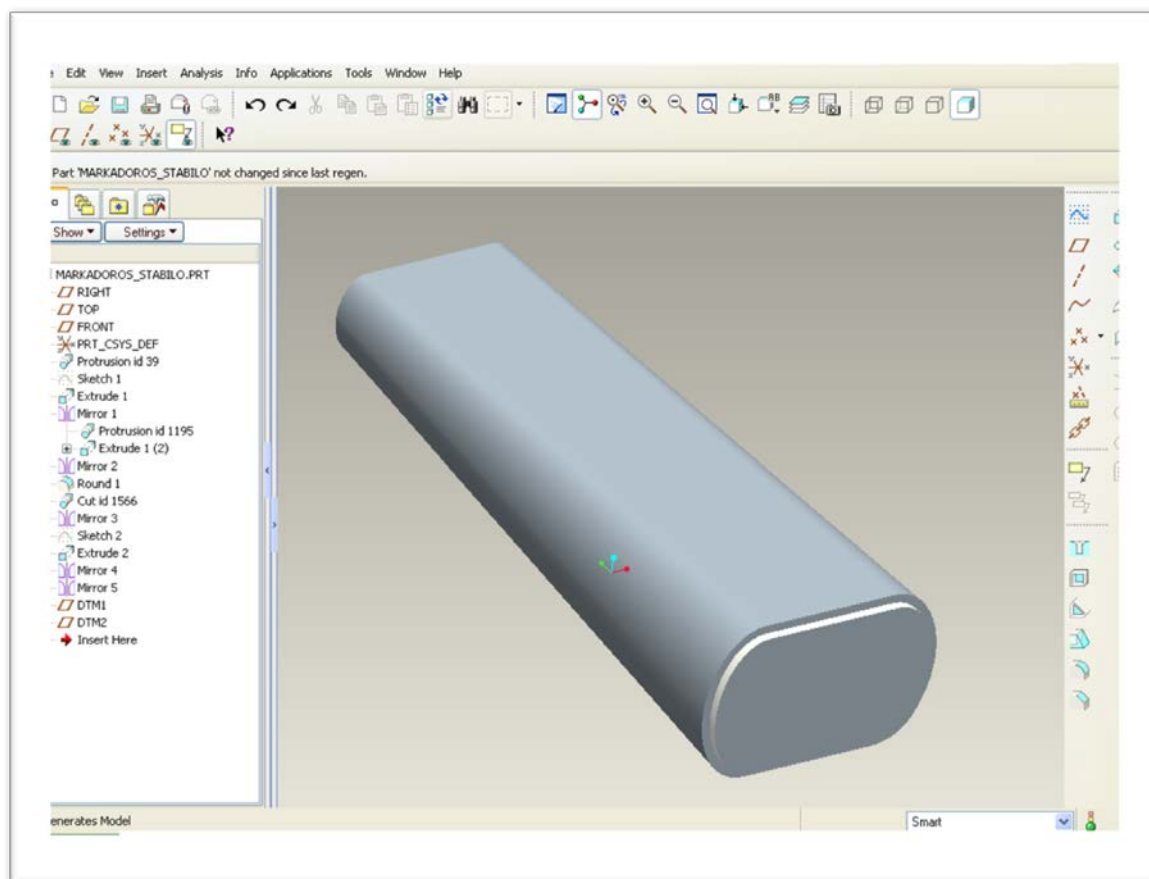


Εικόνα 21: Εισαγωγή δεδομένων για την σχεδίαση του ενός τεταρτημορίου.



Εικόνα 22: Σχεδίαση του ενός τεταρτημορίου.

Στη συνέχεια με την εντολή mirror πραγματοποιείται ολόκληρη η σχεδίαση του κορμού έχοντας ως άξονα συμμετρίας τη Right datum και στη συνέχεια παίρνοντας όλο το κομμάτι που δημιουργήθηκε mirror ως προς την front. Έτσι εμφανίζεται το σχέδιο στην Εικόνα 23.

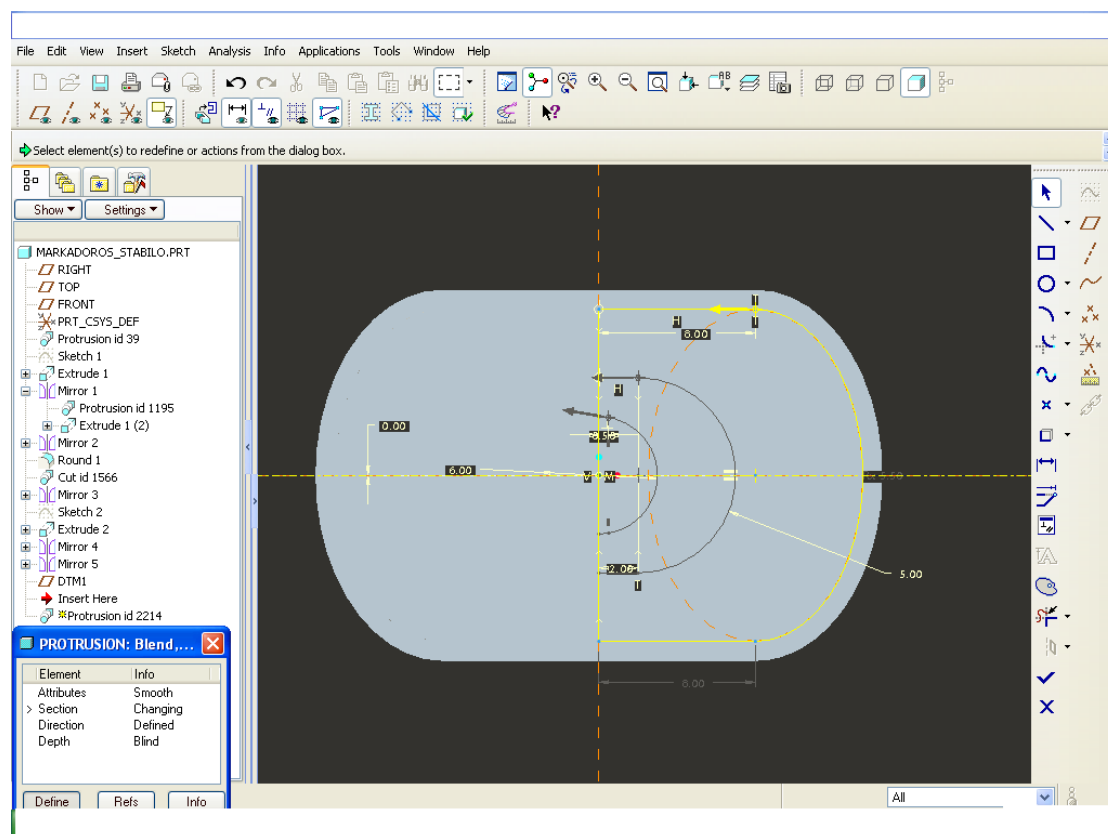


Εικόνα 23: Σχεδίαση όλης της επιφάνειας που ξεκινά ο λαιμός.

6.6 Σχεδίαση Λαιμού

Τοποθετούμε μια Datum plane σε απόσταση 1mm από την Top η οποία βοηθάει στο να ξεκινήσει η σχεδίαση αυτή από αυτή τη Datum. Για τη σχεδίαση του λαιμού χρησιμοποιήθηκε η εντολή Blend η οποία θα ενώσει 3 διατομές. Η ενδιάμεση διατομή είναι βοηθητική αλλά ταυτόχρονα είναι εκείνη που θα δώσει τη επιθυμητή μορφή της καμπύλης. Οι 2 άλλες διατομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι η κάτω βάση του λαιμού που εφαρμόσαμε την Dtm1 και η πάνω βάση είναι ο κύκλος με διάμετρο 6. Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής: Από το menu πατάμε insert- blend – protrusion, στη συνέχεια παρουσιάζεται το menu attributes και επιλέγουμε smooth και ως επιφάνεια σχεδιασμού την Dtm1. Μετά από αυτό το στάδιο ακολουθεί το

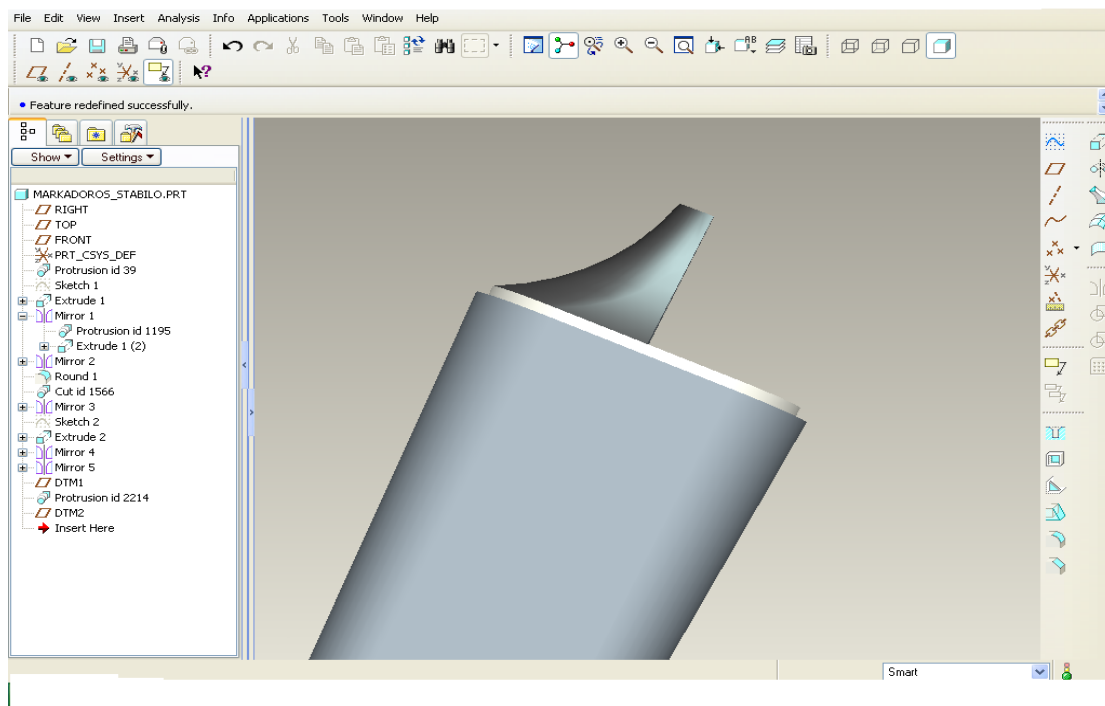
περιβάλλον σχεδίασης (sketch). Για να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση του κορμού η σχεδίαση έγινε στο μισό και στη συνέχεια με 1 mirror στον αντίστοιχο άξονα συμμετρίας εμφανίζεται ολόκληρος ο λαιμός . Μέσα στο sketch δίνουμε τις διαστάσεις όπως φαίνονται στην Εικόνα 24.



Εικόνα 24: Εισαγωγή διαστάσεων για την σχεδίαση λαιμού.

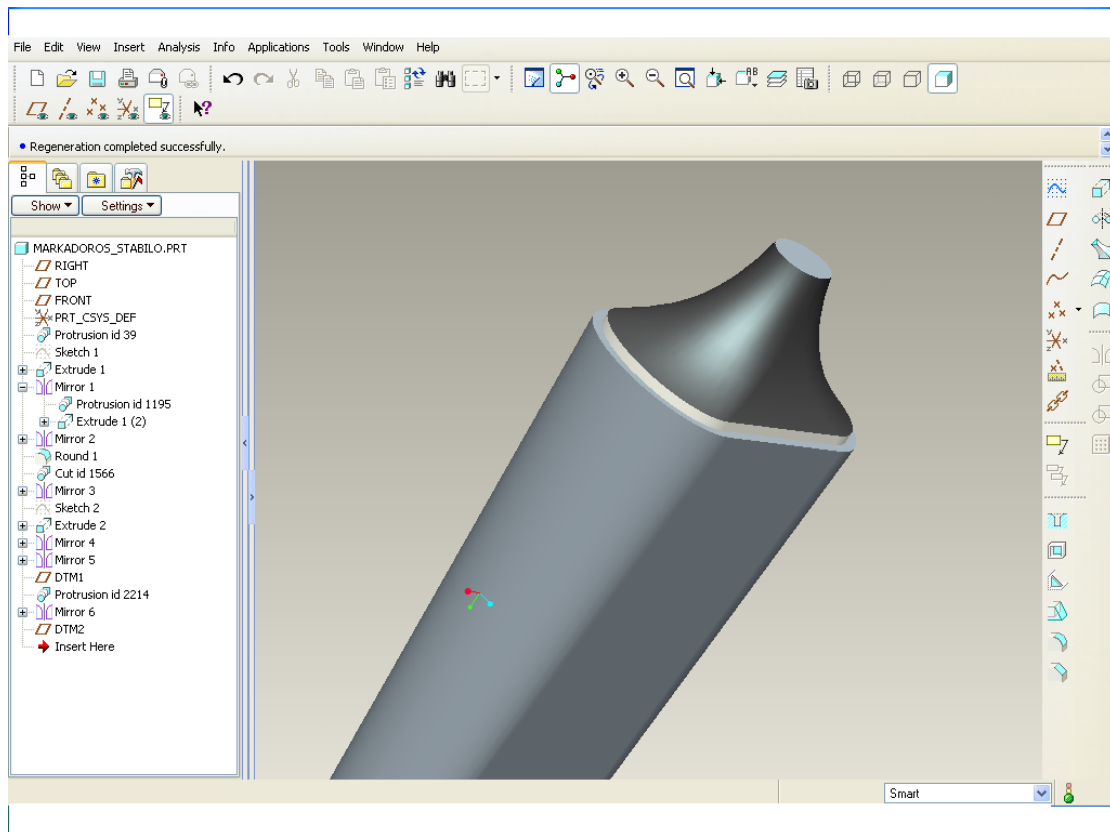
Μεταξύ των επιφανειών χρησιμοποιούμε με δεξί κλικ από το ποντίκι την επιλογή Toggle section. Στην τελευταία επιφάνεια που ουσιαστικά είναι ο κύκλος, δεν επιλέγουμε Toggle section. Οι καμπύλες δημιουργήθηκαν με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς και στην συνέχεια για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, στο παράθυρο που φαίνεται στο σημείο που αναγράφει plot πατάμε Curvature. Έτσι κάθε τομή των επιφανειών θα είναι κυρτή G^2 συνεχής καμπύλη. Όπως φαίνεται παραπάνω, φτιάχτηκε πρώτα το $\frac{1}{4}$ των 3 επιφανειών και στην συνέχεια με μια centerline οριζόντια που είναι η κίτρινη γραμμή δημιουργήθηκε το μισό του λαιμού. Στο κύκλο για να μπορέσουμε να κάνουμε blend χρειάστηκαν 4 σημεία αναφοράς όσα σημεία έχουν δηλαδή οι προηγούμενες διατομές. Πατάμε ok δίνουμε direction στο blend και μετά τις αποστάσεις των

διατομών, δίνουμε τις τιμές 5 και 8 mm. Η κατασκευή έχει πραγματοποιηθεί και παρουσιάζεται στην Εικόνα 25.



Εικόνα 25: Δημιουργία του μισού λαιμού.

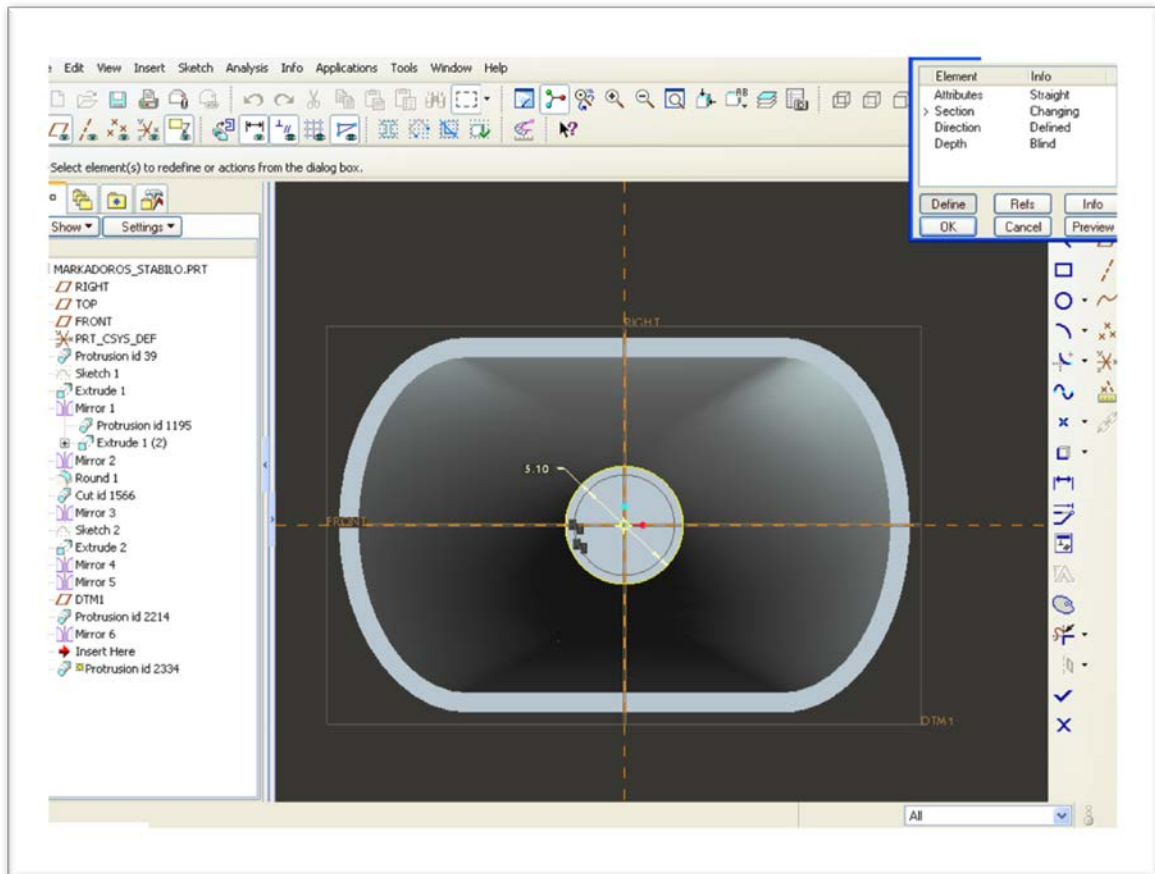
Στη συνέχεια κάνουμε mirror με άξονα αναφοράς τη Right και το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην Εικόνα 26.



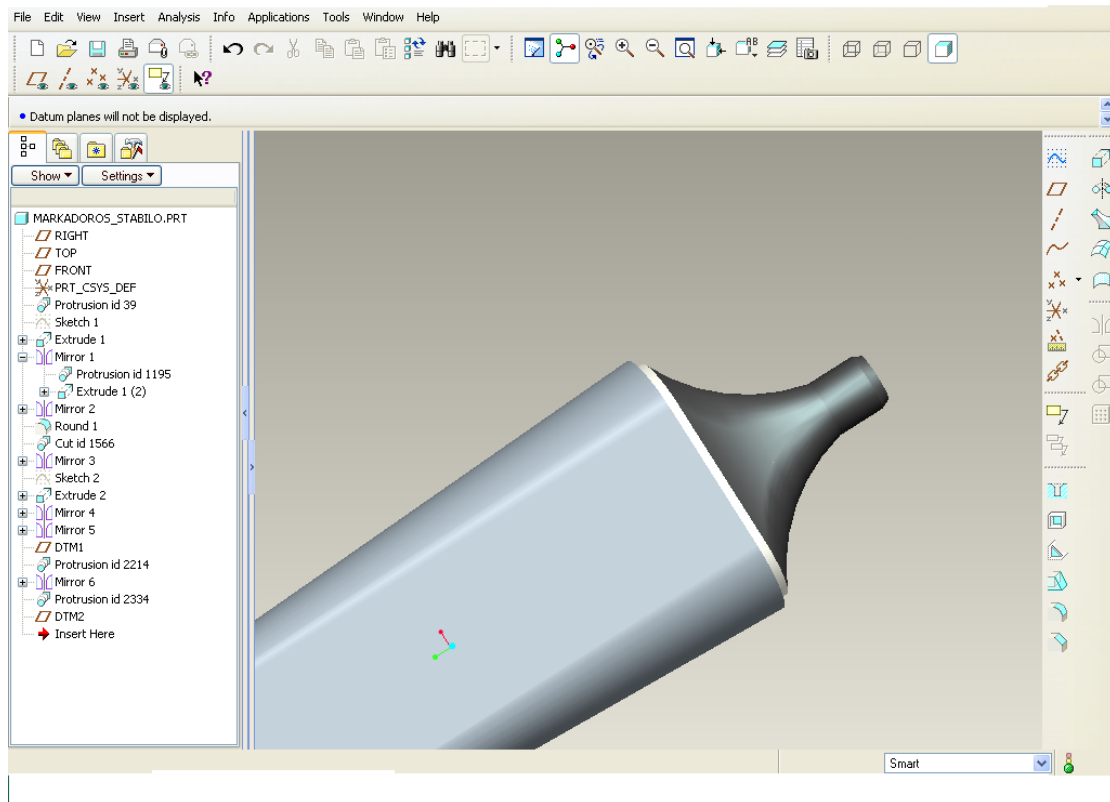
Εικόνα 26: Δημιουργία ολόκληρου λαιμού.

6.7 Σχεδίαση των Ομόκεντρων Κύκλων που Κρατούν Σταθερή τη Μύτη του Μαρκαδόρου

Η επιφάνεια αυτή θα κατασκευαστεί με την εντολή blend με 3 διατομές. Επιλέγουμε από μενού insert - blend - protrusion και από το μενού attributes επιλέγουμε straight, στη συνέχεια επιλέγουμε ως επιφάνεια σχεδιασμού την επιφάνεια που τελειώνει η καμπύλη που σχεδιάσαμε προηγουμένως και ακολουθεί το μενού sketch. Οι διαστάσεις που δίνουμε παρουσιάζονται στην Εικόνα 27. Στους 2 πρώτους κύκλους πατάμε toggle section ενώ στον τελευταίο όχι. Πατάμε ok και στην συνέχεια δίνουμε διεύθυνση στο blend και ακολουθούν οι αποστάσεις μεταξύ των κύκλων, δίνουμε τιμές 5 και 1 mm. Η Εικόνα 28 παρουσιάζει το αποτέλεσμα.



Εικόνα 27: Εισαγωγή διαστάσεων των ομόκεντρων κύκλων.

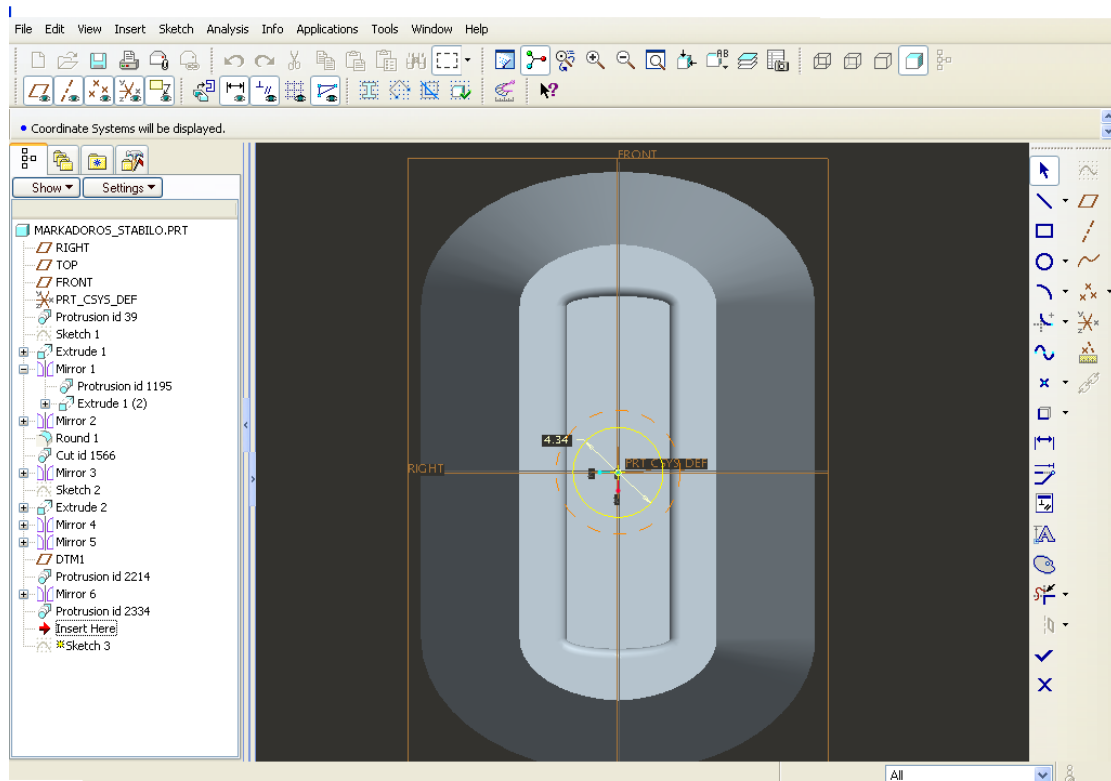


Εικόνα 28: Δημιουργία ομόκεντρων κύκλων.

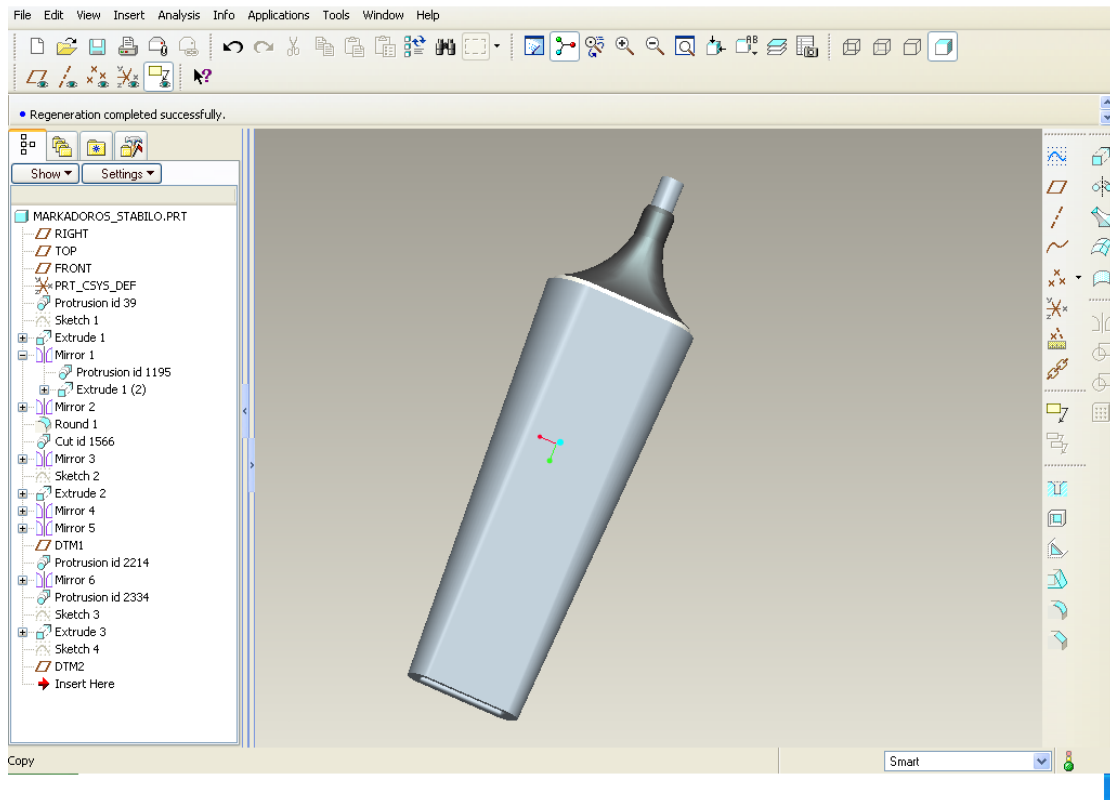
6.8 Σχεδιαμός της Μύτης του Μαγκαδόρου

Μέσα στο περιβάλλον σχεδιασμού sketch σχεδιάζουμε ένα κύκλου διαμέτρου 4,34 πατάμε ok και στη συνέχεια από το menu insert-extrude κάνουμε εξώθηση υλικού σε πάχος 6 mm. Έτσι έχει σχεδιαστεί ένας κύλινδρος πάνω στον οποίο θα φτιάξουμε τη μύτη (Εικόνα 29, Εικόνα 30). Στη συνέχεια και πάλι μέσα από το sketch σχεδιάζω και επιλέγοντας ως επιφάνεια σχεδιασμού τη front, σχεδιάζω ένα τρίγωνο. Πατάμε ok και ακολούθως με την εντολή extrude για κόψιμο πατώντας το κατάλληλο παράθυρο κόβω το υλικό με κλίση 27ο σύμφωνα με το σχεδιασμό του τριγώνου (Εικόνα 31, Εικόνα 32). Στη συνέχεια σχεδιάζουμε ένα άξονα με κλίση 27ο που θα μας βοηθήσει να σχεδιάσουμε το πλαϊνό της μύτης δηλαδή τις καμπύλες με κλίσεις 47ο εκατέρωθεν. Η κοπή του πλαϊνού της μύτης ώστε ουσιαστικά να δημιουργηθούν οι καμπύλες θα γίνει την εντολή sweep – cut. Η διαδικασία της εντολής αυτής είναι να δώσεις μια πορεία κοπής και στη συνέχεια να δώσεις μια διατομή κοπής. Από το menu insert επιλέγω sweep- cut . Πατάμε sketch traj και επιφάνεια αναφοράς την Right. Ακολουθεί η περιοχή σχεδίασης, δίνουμε μια πορεία κοπής όπως φαίνεται

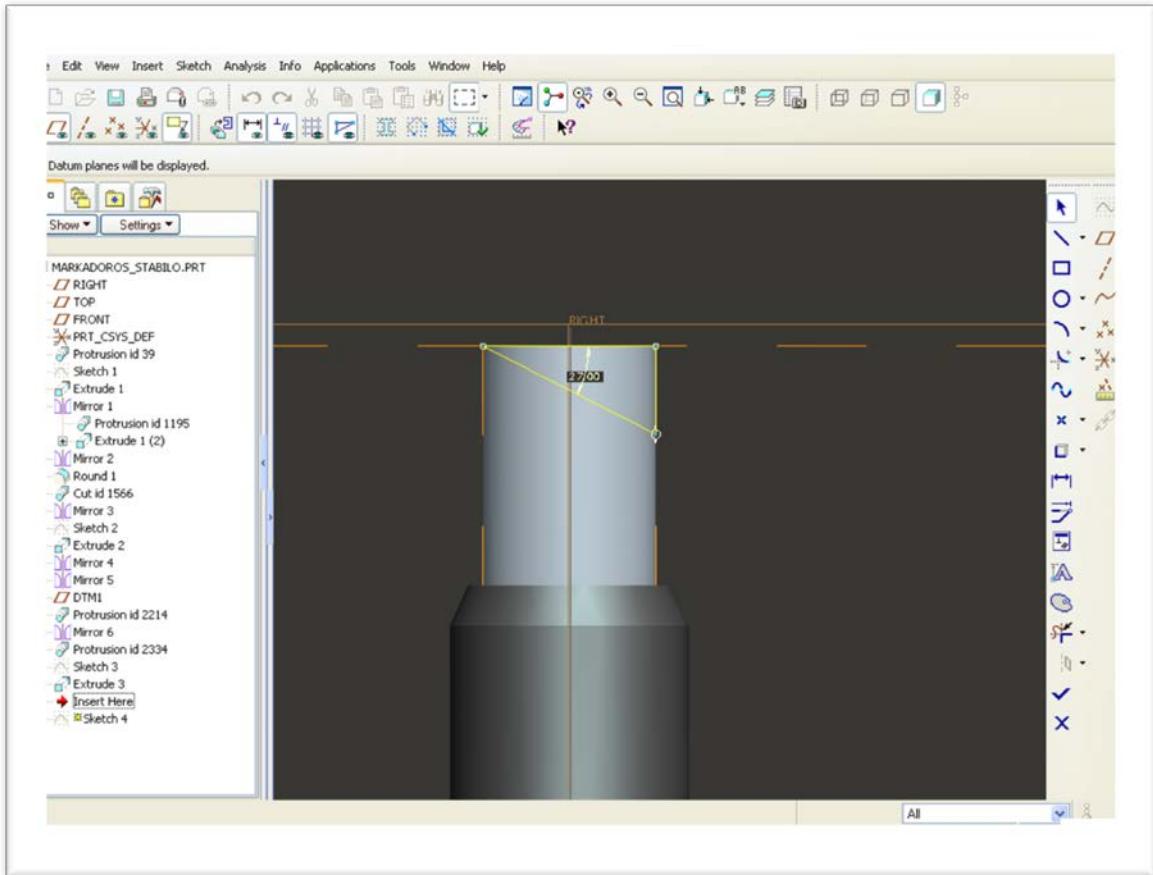
στην Εικόνα 33, πατάμε ok για διατομή κοπής και σχεδιάζουμε ένα τρίγωνο όπως φαίνεται στην Εικόνα 34. Πατάμε ok και η κοπή έχει ολοκληρωθεί.



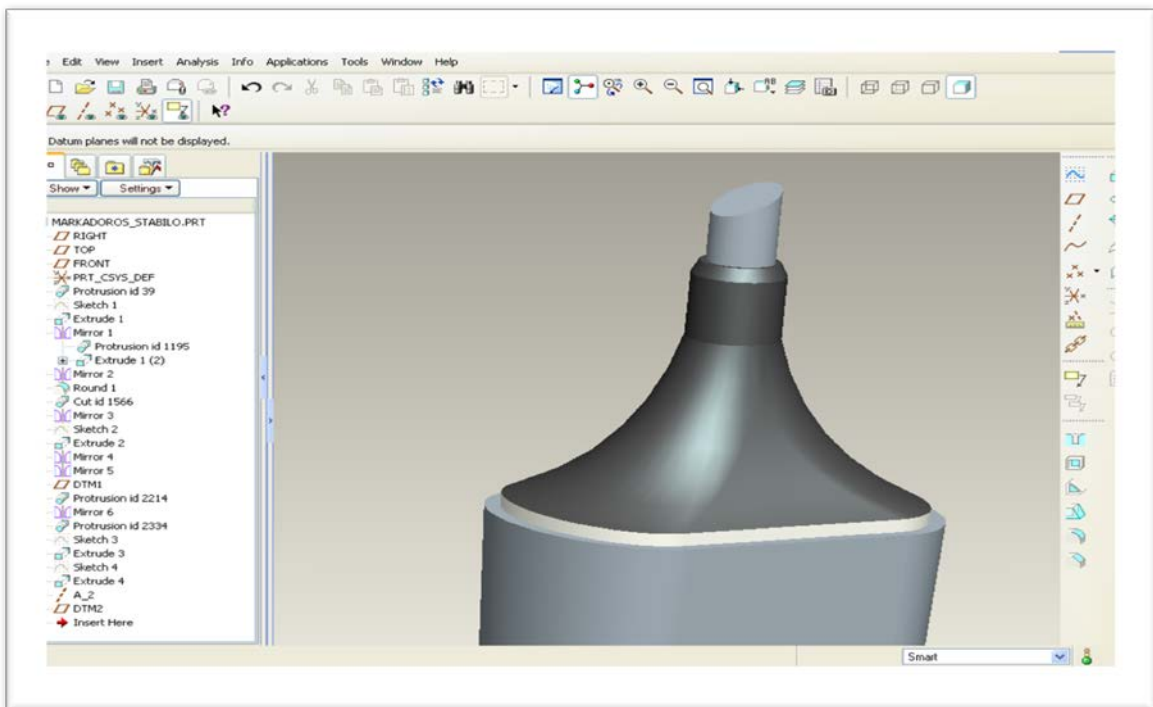
Εικόνα 29: Εισαγωγή διαστάσεων μύτης.



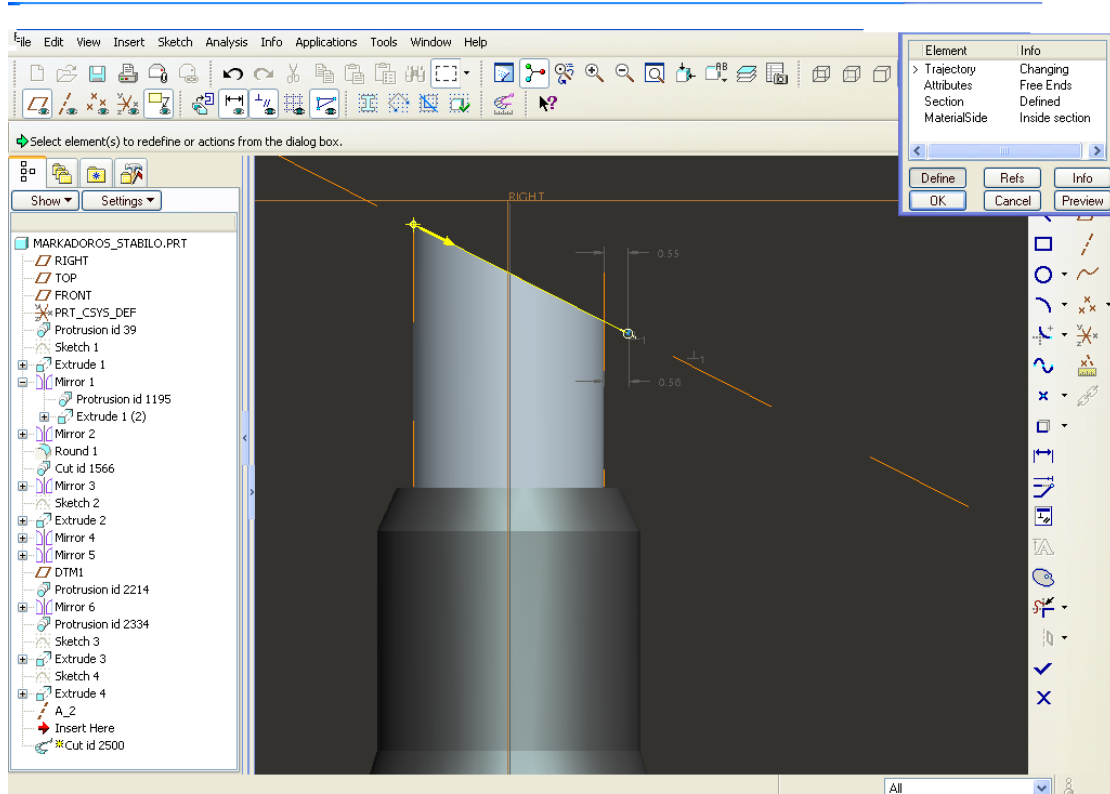
Εικόνα 30: Δημιουργία ημιτελής μύτης.



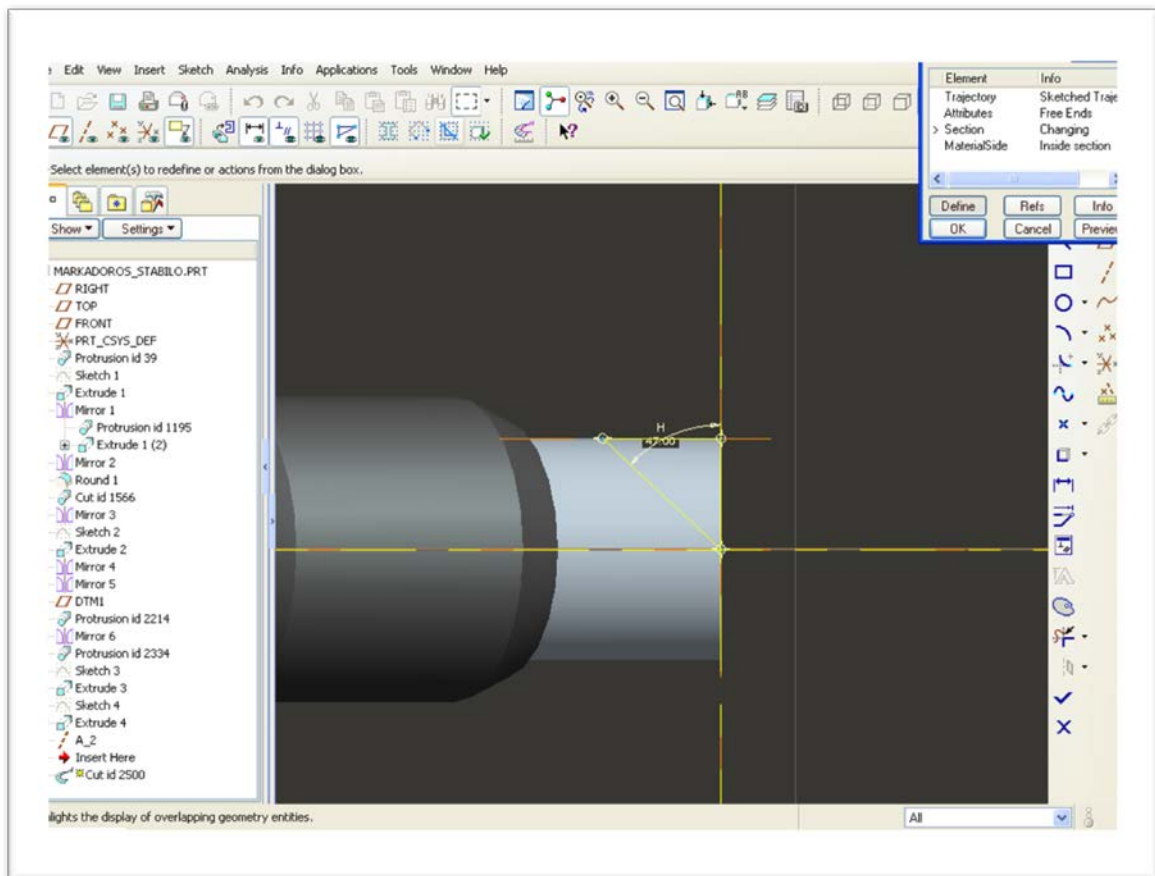
Εικόνα 31: Εισαγωγή διαστάσεων για κοπή μύτης.



Εικόνα 32: Κοπή μύτης.

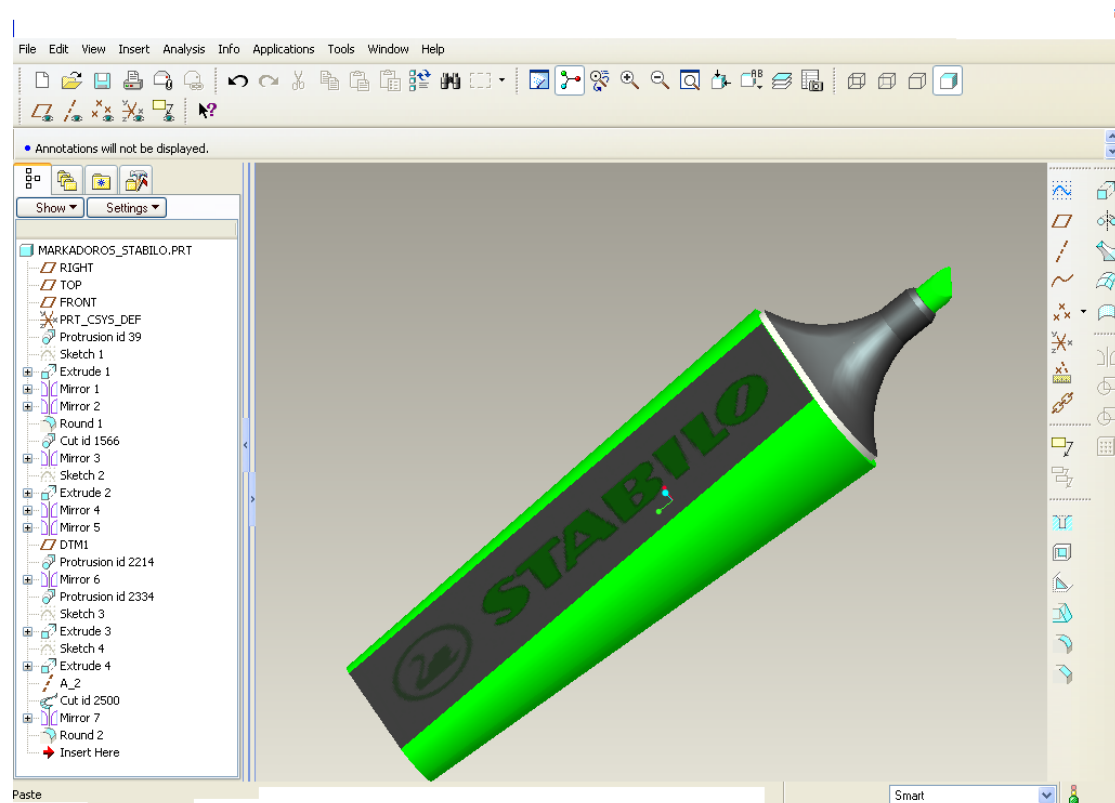


Εικόνα 33: Κοπή πλαιίων μερών μύτης.



Εικόνα 34: Δημιουργία τριγώνου για τελική κοπή.

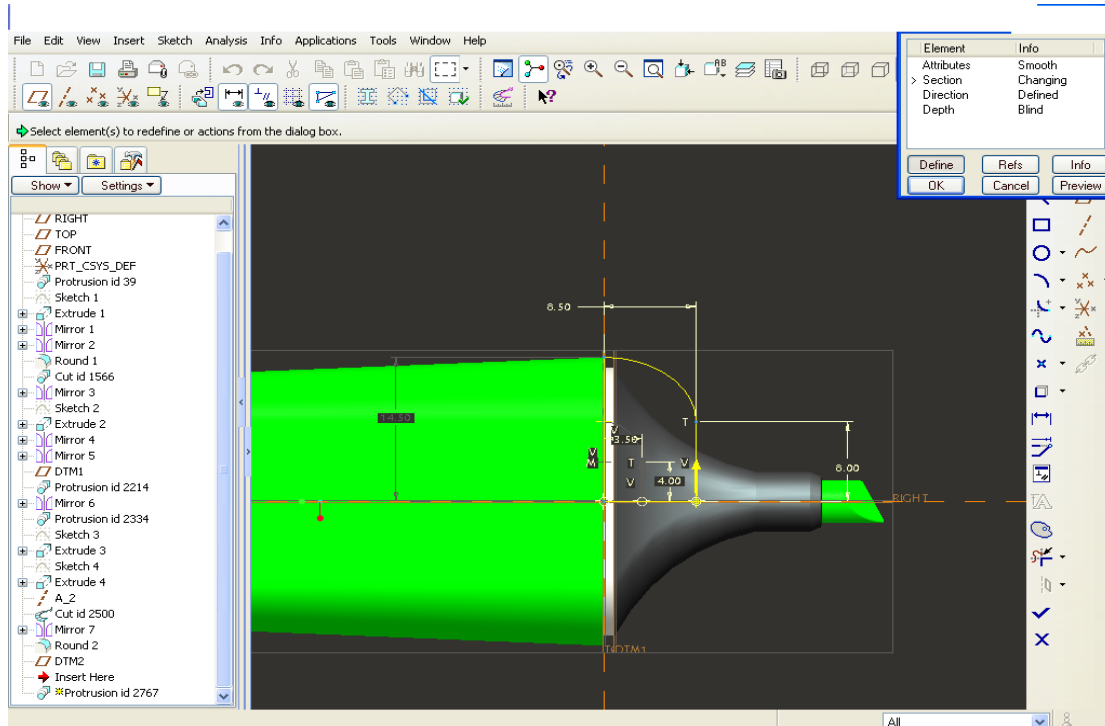
Στη συνέχεια κάνουμε mirror με άξονα συμμετρίας τη front και για λόγους καλαισθησίας ένα round στην περιοχή της μύτης και της κυκλικής διατομής. Το τελικό σχέδιο είναι το παρακάτω (Εικόνα 35).



Εικόνα 35: Τελικό σχήμα.

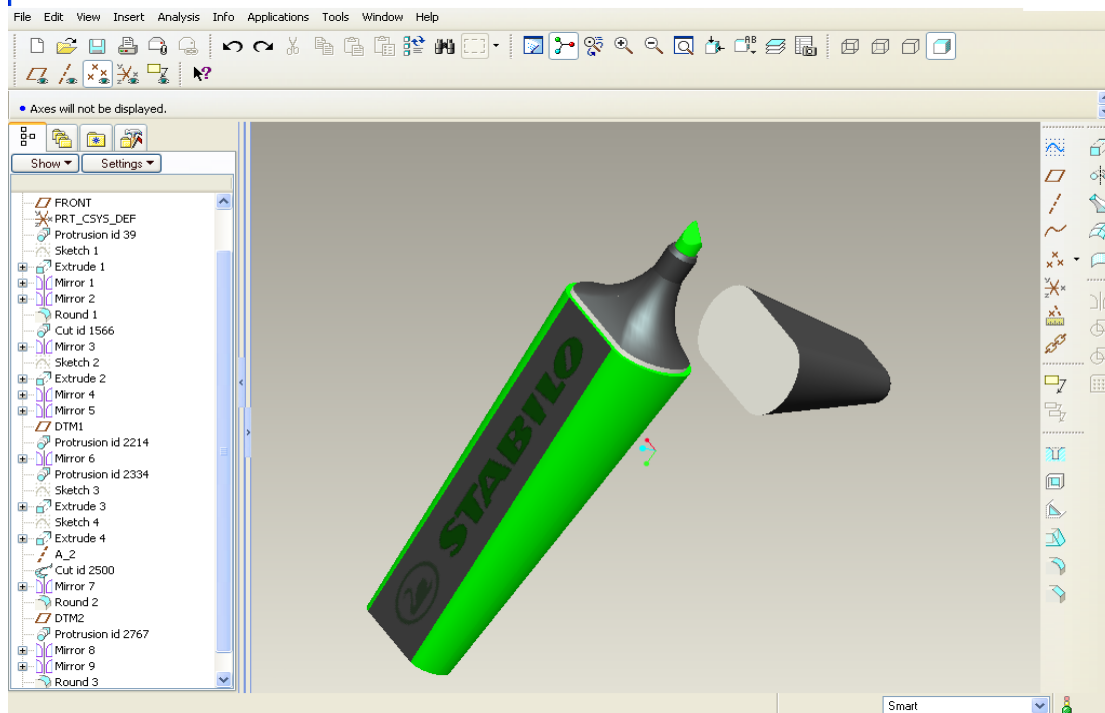
6.9 Σχεδίαση Καπακιού

Σχεδιάσουμε μια Dtm 2 σε απόσταση 30mm από τη front. Η συγκεκριμένη Datum plane θα χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό του καπακιού. Η σχεδίαση έγινε με την εντολή blend – protrusion και smooth attributes και επιλέγουμε την περιοχή Dtm 2 για να κατασκευαστεί. Στην συνέχεια εμφανίζεται το μενού Sketch όπου στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι διαστάσεις. Η σχεδίαση έγινε στο ένα τεταρτημόριο για λόγους ευκολίας και μετά με mirror σχεδιάστηκε ολόκληρο το κομμάτι. Χρησιμοποιήθηκαν 2 διατομές δίνοντας την κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους ώστε να πραγματοποιηθεί το blend. Μεταξύ της μικρής και της μεγάλης επιφάνειας χρησιμοποιούμε με δεξιά κλικ από το ποντίκι την επιλογή Toggle section. Οι καμπύλες δημιουργήθηκαν με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς και στην συνέχεια για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, στο παράθυρο που φαίνεται στο σημείο που αναγράφει plot πατάμε Curvature. Έτσι κάθε τομή των επιφανειών θα είναι κυρτή G^2 συνεχής καμπύλη. Στο τέλος της διαδικασίας αυτής ζητείται η απόσταση μεταξύ των επιφανειών αυτών δίνουμε την τιμή 30 (Εικόνα 36).



Εικόνα 36: Εισαγωγή δεδομένων για τη δημιουργία καπακιού.

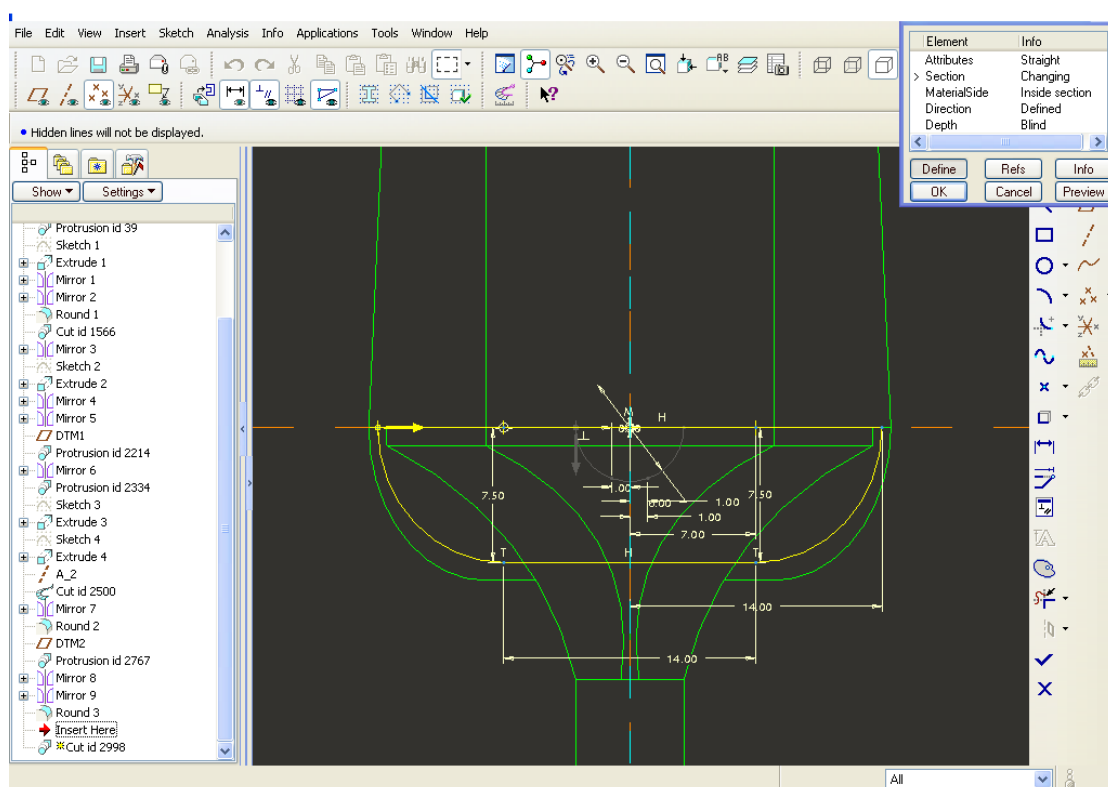
Αφού σχεδιάσαμε το $\frac{1}{4}$ του κομματιού κάνοντας διαδοχικά mirror με άξονες συμμετρίας Right & front και ένα round εξωτερικά προκύπτει το καπάκι του μαρκαδόρου υπογράμμισης. Η Εικόνα 37 δείχνει το αποτέλεσμα.



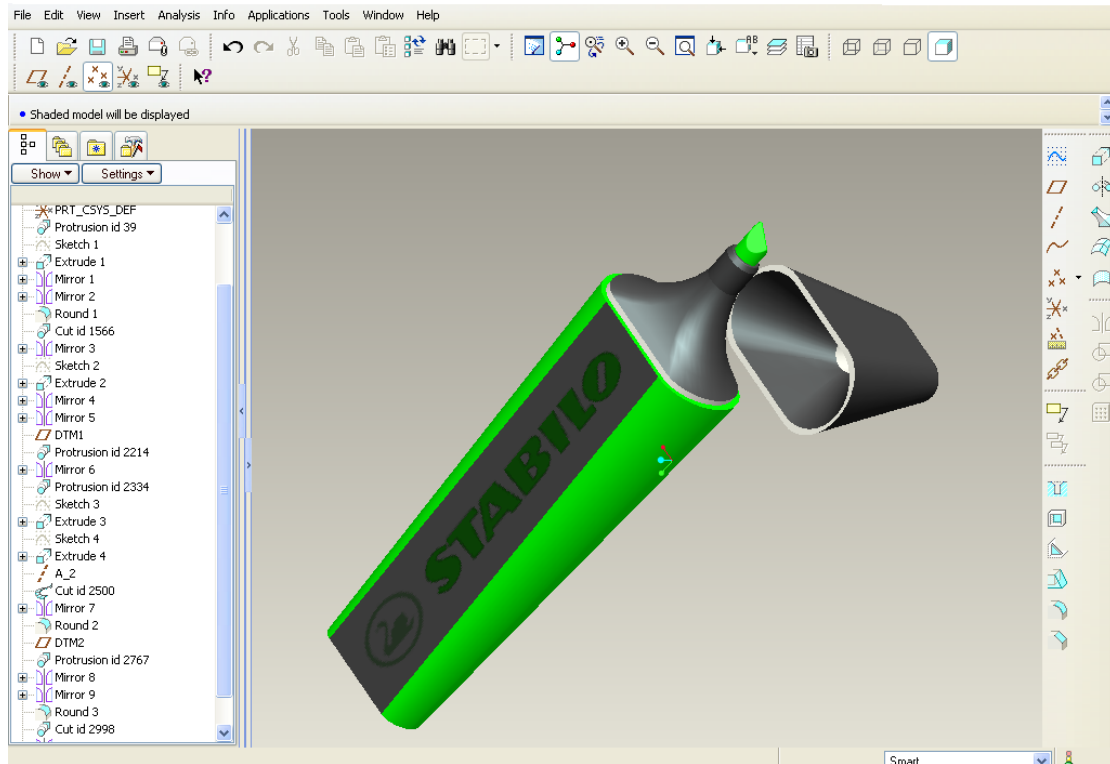
Εικόνα 37: Ημιτελής σχεδίαση καπακιού.

6.10 Κοπή Υλικού στο Εσωτερικό του Καπακιού

Η κοπή υλικού πραγματοποιήθηκε με την εντολή blend – cut και smooth attributes και επιλέγουμε την περιοχή Dtm2 με flip προς το εσωτερικό σημείο όπου θα ξεκινήσει η κοπή. Στην συνέχεια εμφανίζεται το μενού Sketch όπου στην Εικόνα 38 παρουσιάζονται οι διαστάσεις για την επιθυμητή αφαίρεση υλικού. Θα χρησιμοποιηθούν 3 διατομές, η μία είναι η διατομή Dtm2 και οι άλλες είναι 2 κύκλοι εσωτερικοί, δίνοντας την κατάλληλη απόσταση μεταξύ τους το υλικό κόβεται. Πρέπει να σημειωθεί ότι μετά από κάθε σχεδίαση κάποιας διατομής απαιτείται η χρήση της εντολής Toggle section. Η τελευταία διατομή δεν απαιτεί Toggle section. Η καμπύλη δημιουργήθηκε με τις εντολές Sketch-fillet-elliptical μεταξύ 2 γραμμών αναφοράς. Για την καμπυλότητα από το μενού Analysis-Geometry-Curvature, ανοίγει ένα παράθυρο που σε κάποιο σημείο αναγράφει plot, εκεί πατάμε Curvature. Πατάμε το $\sqrt{\quad}$ ακολουθεί ένα παράθυρο στο οποίο δίνουμε τη φορά που θα έχει το blend με flip και στη συνέχεια ζητείται η απόσταση που θα έχουν οι διατομές μεταξύ τους. Δίνουμε τη τιμή 15 πατάμε ok στο menu του blend. Στη συνέχεια κάνουμε mirror με άξονα συμμετρίας τη front ώστε να σχηματιστεί και στο άλλο μισό η κοπή και τελικά το αποτέλεσμα της σχεδίασης πρέπει να είναι το παρακάτω (Εικόνα 39).



Εικόνα 38



Εικόνα 39: τελικό σχέδιο κατακατιού και μαρκαδόρου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την εργασία, παρουσιάζονται τα πέντε μοντέλα τάξης ως ένα κοινό σύνολο (κατηγορίες) της CE πρότυπης διαδικασίας. Αυτά τα μοντέλα δεν είναι ανεξάρτητα. Είναι διασυνδεδεμένα μέσω ενός βασικού συνόλου παραμέτρων που είναι κοινές σε αυτά τα μοντέλα. Ένα δευτερεύον σύνολο παραμέτρων χρησιμοποιείται για να καθοριστούν οι αλληλεξαρτήσεις ανάμεσα στα μοντέλα της ίδιας κατηγορίας. Οι βασικές παράμετροι επηρεάζουν την συμπεριφορά των μοντέλων μιας ή παραπάνω κατηγοριών. Αυτή η κατηγοριοποίηση των παραμέτρων παρέχει μια βάση για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα μοντέλα μιας κατηγορίας (intraclass) και ανάμεσα στις κατηγορίες (interclass). Αυτό το επίπεδο κατανομής για τα μοντέλα είναι ουσιώδες, όταν υπάρχει ισορροπία μεταξύ των προϋποθέσεων του προϊόντος και της περίπλοκης αλληλεξάρτησης που συνδέεται με τα υποσυστήματα και το συνολικό προϊόν. Μαζί, αυτά τα μέρη επιτρέπουν, στους μηχανικούς που αναπτύσσουν το προϊόν, να κατανοήσουν τις αλληλεπιδράσεις και να παράγουν ένα ποιοτικό προϊόν. Επιπλέον, εάν μια παράμετρος μεταβάλλεται, για παράδειγμα, εάν ένα παλιό πλάνο ή μια προϋπόθεση αλλάξει, τότε τα μοντέλα αυτά παρέχουν μια βάση για τον επανασχεδιασμό των

μοντέλων (intraclass ή interclass). Ιδιαίτερης σημασίας για το CE είναι και η έννοια της ενοποίησης, ώστε τα μοντέλα να συνδέονται αυτόματα. Παραδείγματα τέτοιων προσπαθειών είναι τα ενοποιημένα παραμετρικά και ψευδοπαραμετρικά μοντέλα.

Κάθε μοντέλο μπορεί να έχει δύο διασυνδεδεμένα συστατικά:

- *Οργάνωση Διαδικασίας Προϊόντος (Product Process Organization, PPO)*: Οι λεπτομερείς περιγραφές κάθε προοπτικής της PPO μπορεί να καταγραφεί σε αρχεία ή βάσεις δεδομένων που θα χρησιμοποιούνται από σχετικούς επεξεργαστές.
- *Βοηθητικό Μοντέλο*: Ένα βοηθητικό μοντέλο μπορεί να συσχετίσει τις βασικές παραμέτρους σε πολλαπλές προοπτικές μέσω ανταλλαγών και περιορισμών (πιθανώς καταγράφονται σε συμβατές προσανατολισμένου αντικειμένου βάσεις δεδομένων).

Χρησιμοποιώντας την προγενέστερη CE πρότυπη διαδικασία και τα προγενέστερα συνεργαζόμενα μοντέλα, γίνεται η μελέτη μιας καινούργιας, όμοιας και γρηγορότερης διαδικασίας και οι εφαρμογές της είναι πλέον πιο ξεκάθαρες στην CE διαδικασία σχεδιασμού. Συστήματα, του τύπου που παρουσιάζεται στο Σχήμα 14: Λειτουργικό σχέδιο ενός συστήματος μοντελοποίησης νοημοσύνης, για τον χειρισμό περίπλοκων και σχηματικά διαμορφωμένων μηχανικών μερών, θα παραμείνουν τουλάχιστον μερικά χρόνια στο μέλλον. Οι τεχνολογίες που χρειάζονται για την απεικόνιση πολύπλοκων μοντέλων (για παράδειγμα, ICAD γλώσσες [Saxena και Irani, 1994]) αρχίζουν σιγά σιγά να επείγουν. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη αλγορίθμων, που συμπίπτουν με τέτοιες απεικονίσεις και αποδίδουν τα δεδομένα εξόδου όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5, είναι σε πρώιμο στάδιο. Αλγόριθμοι διαδικασίας (για κατασκευή, συναρμολόγηση και επιθεώρηση) έχουν ξεκινήσει να χρησιμοποιούνται πιο συχνά. Η επιτυχία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη κατάλληλης διαδικασίας κατηγοριοποίησης και μοντέλων για την ανάλυση διαφόρων επιλογών κύκλου ζωής που πραγματοποιούν την κατασκευή, συναρμολόγηση και επιθεώρηση. Η γενική έλλειψη μετρήσεων για συστήματα κατασκευαστικών – βιομηχανικών επιλογών, όπως το κόστος κατασκευής ή σχεδιασμού βιομηχανικών προϊόντων, επιβεβαιώνει την εργασία που έχει μείνει για να γίνει σε αυτό τον τομέα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Biren Prasad, 1996, Concurrent Engineering Fundamentals, Integrated Product and Process Organization, Volume 1: United States of America
- Chris J. Backhouse and Naomi J. Brookes, 1996, Concurrent Engineering: What's Working Where: London.
- Benjamin Niebel and Andris Freivalds, 1999, Methods, Standards and Work Design: United States of America.
- Naim A. Kheir, 1996, Systems Modeling and Computer Simulation: United States of America.